

# **Toepassing van laagwaardige warmte uit condensors**

## **Energiebesparingsmogelijkheden bij lagere buistemperaturen**

C. Ploeger, LEI, Den Haag  
E. van Rijssel, PBG, Aalsmeer  
B.J. van der Sluis, LEI, Den Haag



Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Aalsmeer

Februari 1999

Rapport 2.99.02

Landbouw-Economisch Instituut (LEI), Den Haag

Het Landbouw-Economisch Instituut (LEI) beweegt zich op een breed terrein van onderzoek dat in diverse domeinen kan worden opgedeeld. Dit rapport valt binnen het domein:

- ☐ Bedrijfsontwikkeling en omgevingsfactoren
- ☒ Emissie- en milieuproblematiek
- ☐ Concurrentiepositie en de Nederlandse agribusiness; Industrie en handel
- ☐ Economie van het landelijk gebied
- ☐ Nationale en internationale beleidsvraagstukken
- ☐ Bedrijven-Informatienet; Statistische documentatie; Periodieke rapportages

Toepassing van laagwaardige warmte uit condensors

Ploeger, C., E. van Rijssel en B.J. van der Sluis

Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI), 1999

Rapport 2.99.02 ISBN. 90-5242-479-9; Prijs f 27,- (inclusief 6% BTW)

56 p., fig., tab., bijl.

In dit onderzoek zijn de mogelijkheden onderzocht voor een efficiënter gebruik van rookgas-condensors op glastuinbouwbedrijven. In potentie kan de condensor een energiebesparing van 10 à 11% opleveren, maar de telers schatten dat de gemiddelde energiebesparing via condensors maar 6% bedraagt. Uit informatie, verzameld op bedrijven van het Bedrijven-Informatienet van het LEI, blijkt dat het secundair verwarmingsnet waarop de condensor is aangesloten, vaak groter is dan nodig voor het benutten van de warmte uit de condensor. Grote secundaire netten worden vaak bijgemengd tot temperaturen van 40°C of hoger en dit gaat ten koste van het rendement van de condensor. Op bedrijven die overdag met een minimumbuis-temperatuur werken wordt de warmte uit de condensor, gedurende die uren, niet benut.

Van de ondervraagde telers is 43% van mening dat verdere energiebesparing met de condensor op hun bedrijf mogelijk is. Betere inpassing van het secundaire net in het verwarmingssysteem op het bedrijf wordt als de belangrijkste mogelijkheid aangegeven.

Dit onderzoek geeft aan dat er behoefte is aan een gebruikersvriendelijk beslissingsondersteunend keuzeprogramma voor condensors en condensortoepassingen, zowel in een bestaande situatie als bij nieuwbouw. Tevens is voorlichting of teeltkundig onderzoek gewenst naar het nuttig effect van lage buistemperaturen.

#### Bestellingen:

Telefoon: 070-3308330

Telefax: 070-3615624

E-mail: publicatie@lei.dlo.nl

#### Informatie:

Telefoon: 070-3308330

Telefax: 070-3615624

E-mail: informatie@lei.dlo.nl

#### Vermenigvuldiging of overname van gegevens:

- ☒ toegestaan mits met duidelijke bronvermelding  
☐ niet toegestaan



Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van toepassing. De Algemene Voorwaarden van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO-NL) zijn gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel Midden-Gelderland te Arnhem.



# Inhoud

	Blz.
<b>Woord vooraf</b>	7
<b>Samenvatting</b>	9
<b>1. Inleiding</b>	15
1.1 Aanleiding voor het onderzoek	15
1.2 Doelstelling en fasering van het onderzoek	16
1.3 Afbakening	17
1.4 De grenzen voor benutting van de condensorwarmte	17
1.5 Opbouw van het rapport	18
<b>2. Opzet en methode</b>	19
2.1 Inleiding	19
2.2 Bedrijfskeuze uit het Bedrijven-Informatienet, tevens voor de te enquêteren bedrijven	19
2.3 Respons op de enquête	20
<b>3. Informatie uit het Bedrijven-Informatienet</b>	21
3.1 Condensors op de (hoofd)ketel	21
3.2 Laagwaardige warmte, jaarverbruik brandstof en brandstofintensiteit	22
3.3 Typen secundaire netten	23
3.4 Omvang van de secundaire netten	24
3.5 Bijmengen in secundaire netten	25
<b>4. Enquête onder glastuinders met laagwaardige warmte</b>	26
4.1 Inleiding	26
4.2 Enkele kenmerken van de geënquêteerde bedrijven	27
4.3 Enkele kenmerken van de condensors	29
4.3.1 Inleiding	29
4.3.2 De leeftijd van de condensors	29
4.3.3 Van pijpen- naar lamellencondensors	30
4.3.4 De aansluiting van de condensors	30
4.3.5 Merken van de condensors	30
4.3.6 Capaciteit van de condensors	31

	Blz.
4.4 De omvang van de secundaire netten	31
4.4.1 Inleiding	31
4.4.2 Het ideale verwarmingssysteem	32
4.4.3 De praktijksituatie	32
4.5 Het effect van de minimumbuis temperatuur	34
4.5.1 Inleiding	34
4.5.2 Resultaten van de enquête	34
4.6 Het effect van bijmengen	36
4.6.1 Inleiding	36
4.6.2 Resultaten van de enquête	36
4.7 Het schoonmaken van de condensor	38
4.8 Kennis van tuinders over condensortoepassing op hun eigen bedrijf	38
4.9 Mening van tuinders over condensortoepassing in het algemeen	39
4.9.1 Inleiding	39
4.9.2 Over de gerealiseerde besparing	39
4.9.3 Oorzaken van niet-realiseren van maximale besparing	40
4.9.4 Kwaliteit van laagwaardige warmte	40
<b>5. Conclusies en aanbevelingen</b>	41
5.1 Algemeen	41
5.2 Bijmengen	41
5.3 Minimumbuis	42
5.4 Aanbevelingen voor de derde fase	43
<b>Literatuur</b>	45
<b>Bijlagen</b>	
1. Berekening van het verwarmend oppervlak (vo) van het secundaire net	47
2. Vragenlijst voor gebruikers van condensors	49

## Woord vooraf

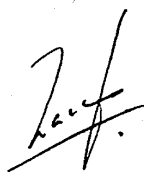
De rookgascondensor is een vanaf 1976 ontwikkelde innovatie op het gebied van energiebesparing in de glastuinbouw (Meijndert, 1983). Een rookgascondensor kan zonder ingrijpende aanpassingen op een centraal verwarmd glastuinbouwbedrijf worden geïnstalleerd en bespaart 5 à 10% energie. Er werd dan ook een vrijwel volledige penetratie in de glastuinbouw verwacht.

Een door het Landbouw-Economisch Instituut (LEI) uitgevoerd onderzoek (Van der Velden, 1996) geeft evenwel aan dat het gebruik van condensors minder ver is doorgevoerd dan verwacht. Door het LEI en het Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente (PBG) is daarom een onderzoek opgezet dat, in verband met de complexe materie, in drie fasen is ingedeeld. Fase één is een door het PBG uitgevoerd literatuuronderzoek dat met name ingaat op de theoretische achtergronden (Rijssel, 1996).

In dit rapport wordt verslag gedaan van fase twee, het onderzoek naar de toepassing van condensors op de bedrijven. Het onderzoek is uitgevoerd op bedrijven die een representatieve steekproef vormen van de glastuinbouwbedrijven in Nederland. Deze bedrijven maken deel uit van het Bedrijven-Informatienet van LEI. Het onderzoeksproject, dat is gefinancierd in het kader van de Meerjarenaafpraak-energie Glastuinbouw (MJA-E), is uitgevoerd door C. Ploeger (LEI, projectleider) en E. van Rijssel, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente (PBG). De desk-studie voor dit onderzoek is voor een deel uitgevoerd door B.J. van der Sluis (LEI). De resultaten van de desk-studie vormen de basis voor de gehouden enquête onder glastuin-  
ders.

De heer P. Broekharst van het Energiebureau van het Productschap Tuinbouw heeft het project begeleid.

De directeur,



Prof.dr.ir. L.C. Zachariasse





# Samenvatting

## *Inleiding*

Eén van de mogelijkheden om energie te besparen in de glastuinbouw is de toepassing van een condensor. In een condensor worden rookgassen uit de ketel verder afgekoeld, waarbij ook het grootste deel van het vocht condenseert. De condensor is met name geschikt voor het opwarmen van water tot een temperatuur van circa 45°C. Voor verwarmingsdoeleinden wordt water van deze temperatuur laagwaardige warmte genoemd, dit ter onderscheid van hoogwaardige warmte (water met een temperatuur van circa 50 °C tot circa 95 °C).

De 'condensor' kan in drie typen worden ingedeeld, namelijk de enkelvoudige condensor met een aansluiting op de retourleiding van een centraal 'hoogwaardig' verwarmingsnet (besparing circa 5%), de condensor met een aansluiting op een eigen net (besparing circa 7 à 8%), en de combicondensor, die zowel op de retourleiding van een hoogwaardig verwarmingsnet als op een eigen laagwaardig net is aangesloten (besparing circa 10%).

De condensor is technisch-economisch een perspectiefvolle optie. Bij de huidige gasprijs is de condensor op de meeste bedrijven economisch rendabel. Uit onderzoek blijkt dat per eind 1996 het gebruik van condensoren bij circa 60% van de ketels voorkomt. De condensortypen zijn als volgt verdeeld: 20% op de retour, 66% op een apart net en 14% combicondensoren.

Gebleken is dat op veel glastuinbouwbedrijven nog niet de maximale brandstofbesparing met een condensor wordt gerealiseerd. Enerzijds doordat een deel van de bedrijven geen condensor heeft, anderzijds doordat het deel van de condensor-toepassingen met de hoogste brandstofbesparing beperkt is. Met meer en beter gebruik van laagwaardige warmte zou nog een aanzienlijke energiebesparing gerealiseerd kunnen worden.

## *Doel van het onderzoek*

In dit onderzoek wordt de huidige benutting van condensorwarmte gekwantificeerd en de knelpunten, die verdere toepassing van condensorwarmte in de weg staan, kwalitatief aangegeven. Het onderzoek is de tweede fase van een aanpak in drie fasen, waarmee een vrijwel volledige benutting van de laagwaardige warmte die met condensoren gewonnen kan worden, via het opstellen van concrete bedrijfsadviezen, wordt beoogd.

De onbekendheid in de praktijk rond de aanwending van laagwaardige warmte in de glastuinbouw is (nog) groot. De verwarmingssystemen in de glastuinbouw zijn, in eerste instantie, vooral afgestemd op het aanwenden van hoogwaardige warmte in een primair verwarmingsnet. Het aanwenden van laagwaardige condensorwarmte brengt een aantal eisen met zich mee. Zo moet er een apart verwarmingsnet (secundair verwarmingsnet) van zodanige omvang aanwezig zijn, dat de warmteafgifte ook bij lagere buistemperaturen voldoende is (22 à 27% van het totale verwarmend oppervlak).

De informatie is verzameld op basis van het Bedrijven-Informatienet van het LEI. Dit net bestaat uit bedrijven die een representatieve steekproef vormen van de agrarische bedrijven in Nederland, in dit geval de groep glastuinbouwbedrijven. Naast de al aanwezige informatie is op een beperkte groep bedrijven een aanvullende enquête gehouden. Leveranciers van condensers zijn ook in het onderzoek betrokken onder andere door het houden van een enquête.

### *De huidige bedrijfssituatie*

Op de glastuinbouwbedrijven komt (in 1994) op iets meer dan de helft van de glastuinbouwbedrijven een secundair net voor. Ruim eenderde deel hiervan heeft echter een te klein verwarmend oppervlak (vo) om de condensorwarmte optimaal te benutten.

Secundaire netten komen in de groenteteelt meer voor dan in de snijbloemen- en potplantenteelt. In de groenteteelt worden relatief veel slangennetten en dunne buistypen als secundair net gebruikt. In de snijbloementeleelt worden ook relatief veel buistypen met grotere doorsnede gebruikt. In de potplantenteelt is de condensor vaak aangesloten op het slangennet van de betonvloer (en/of van de teelttabletten) en op de slangenverwarming (op de vloer of op het tablet).

### *De condensers*

De leeftijd van de condensers varieert van 1 tot 18 jaar. Van de in de jaren zeventig en tachtig aangeschafte condensers is inmiddels een aantal vervangen. De laatste jaren komt op de onderzochte bedrijven alleen maar vervangingsinvestering van de condensor voor.

De vervangen condensers waren ongeveer 15 jaar oud. Het is overigens opvallend hoeveel condensers van 'hoge leeftijd' er nog aanwezig zijn. Volgens informatie van enkele leveranciers van condensers geldt evenwel dat er bij goed onderhouden (dat wil zeggen schoongemaakte) condensers geen sprake is van teruglopend rendement bij toenemende ouderdom van de condensor. Door de leveranciers is meegedeeld dat zij een garantieperiode van 10 jaar kennen.

### *De secundaire netten*

Bij tomaat, paprika en roos is het vo van de laagwaardige warmte goed afgestemd met het totale vo. Bijmengen in het voor laagwaardige warmte bestemde net komt op deze bedrijven niet veel voor. Voor chrysant en potplanten geldt dat het secundaire net groot is of misschien zelfs te groot. Bij zowel de chrysanten- als de potplantenbedrijven wordt veelvuldig bijgemengd in het voor laagwaardige warmte bestemde net. Bij potplanten wordt dit mede veroorzaakt door de verwarming van de betonvloeren.

### *De minimumbuis*

Van de bedrijven die met een minimumbuis temperatuur werken, stemt maar één op de drie deze temperatuur af met de laagwaardige condensorwarmte. Op tweederde deel van de bedrijven is de energiebesparing, die met de condensor kan worden bereikt, (in de periodes dat de

minimumbuisregeling werkt) dus minder dan mogelijk is, soms zelfs nihil. De afstemming is vooral afwezig op de glasgroentebedrijven. Bij de realisatie van een minimumbuisregeling zou de condensorwarmte nog grotendeels kunnen worden benut door, op het moment van in werking treden, de retour van het primaire net via de condensor te leiden.

### *Het bijmengen*

Bij chrysant en potplanten blijkt een hoog percentage bedrijven dat regelmatig bijmengt samen te vallen met een verhoudingsgewijs hoog aandeel vo voor laagwaardige warmte. Dit kan erop wijzen dat de invloed van het bijmengen op het energieverbruik bij deze gewassen aanzienlijk is.

Bij tomaat en paprika komt naast regelmatig bijmengen ook incidenteel bijmengen voor. Als reden voor het incidenteel bijmengen wordt een lage buitentemperatuur opgegeven. Bedrijven, die regelmatig bijmengen geven op dat zowel een lage buitentemperatuur als een hoge relatieve luchtvochtigheid redenen zijn om bij te mengen.

Het is duidelijk dat de 'bedrijven', die 'bijna altijd' bijmengen ook over een veel langere periode (bijna twee keer zo lang) bijmengen als de bedrijven die bijmengen om de kastemperatuur te handhaven. Op bedrijven die niet regelmatig bijmengen is het aantal seizoenen dat wordt bijgemengd vooral bij chrysant en bij potplanten nog behoorlijk lang.

### *Kennis over de condensor op het eigen bedrijf*

Voor de meeste condensors geldt, dat de capaciteit ervan bij de teler niet bekend is. Vaak heeft de teler geen andere informatie dan dat de capaciteit van de condensor op aanwijzingen van de installateur aangepast is aan de capaciteit van de ketel. De vraag naar de capaciteit van de condensor wordt in het algemeen buiten de teler om beantwoord, terwijl de teler als hij bij de opzet of de aanpassing van het bedrijf een goede gesprekspartner is, zelf kan aangeven hoe hij de toepassing van het energieverbruik en de besparing ervan wil inrichten.

Het overgrote merendeel van de geënquêteerde telers is van mening dat de condensor een rendabele investering is (geweest). Slechts 10% van hen stelt dat zij dit niet weten, terwijl slechts één teler aangeeft dat de condensor geen rendabele investering is geweest.

Verder is gevraagd of men van mening is dat er op hun bedrijf meer energie door middel van condensortoepassing kan worden bespaard. Tweeënveertig procent van de respondenten meldt dat zij geen verdere energiebesparing mogelijk achten, terwijl 9 potplantentelers (=15%) aangeven dit niet te weten. Voor 43% van de ondervraagden geldt dus dat er voor hen wel verdere besparingen mogelijk zijn. Als belangrijke mogelijkheden om de energiebesparing met condensors verder op te voeren worden vermeld: niet meer bijmengen, het aparte net vergroten of overgaan op een combicondensor.

### *Mening van tuinders over condensors in het algemeen*

Op het vragenformulier stond aangegeven dat de maximale besparing die met condensors kan worden gerealiseerd 11% bedraagt. Aangegeven moest worden in hoeverre deze besparing, naar de mening van de teler, in de glastuinbouw is gerealiseerd.

Naar de mening van de respondenten (78% van de geënquêteerden) wordt de maximale besparing van 11% maar voor 6% gerealiseerd. In plaats van 11% wordt dus nog maar 6% bespaard. Uitgaande van het door respondenten opgegeven percentage is er nog een energiebesparing van maximaal 5% door betere toepassing van condensors mogelijk.

Een niet-goede-inpassing in het verwarmingssysteem wordt het meest genoemd als oorzaak van de relatief lage energiebesparing door condensors. Dit oordeel is niet van het gewas afhankelijk. Kennelijk worden de besparingsmogelijkheden van condensors bij de opzet van een verwarmingssysteem door teler en installateur onvoldoende onderkend.

Bij potplanten wordt nog genoemd dat de laagwaardige warmte van condensors vaak niet is te benutten. Dit is niet consistent met hun gedrag ten aanzien van de huidige condensortoe-passing op het eigen bedrijf, omdat de bedrijven, die deze mening zijn toegeedaan, wel over de mogelijkheden beschikken de laagwaardige warmte te benutten en aangeven deze ook te benutten.

### *De kwaliteit van laagwaardige warmte*

Over het teeltkundig verschil van laagwaardige warmte ten opzichte van hoogwaardige warmte zijn de meningen verdeeld. Van de respondenten geeft 50% aan dat er wél verschil is en de andere 50% geeft aan dat er géén teeltkundig verschil bestaat. Van degenen die aangeven dat zij geen teeltkundig verschil opmerken, vindt 40% dat werken met laagwaardige warmte een extra kostenpost vormt, omdat er meer buizen nodig zijn.

De telers, die vinden dat laagwaardige warmte minder goed te gebruiken is dan hoogwaardige, vinden vaker dat het nadelig is voor het gewas dan voor het kasklimaat. Naar hun inschatting is de sturing van rv en dus van kasklimaat moeilijker bij het gebruik van laagwaardige warmte.

### *Aanbevelingen voor de derde fase*

Dit onderzoek heeft geleerd dat er op bedrijven behoefte bestaat aan een gebruikersvriendelijk keuzeprogramma voor condensors, zo mogelijk naar gewas aangepast, en geschikt voor nieuwbouw of bestaande kassen. De mogelijkheden van gebruik van warmtekracht, van minumbuis en van warmtebuffer dienen in dit programma, in relatie tot meerdere alternatieven, te zijn ingebouwd.

In de derde fase dient verder te worden nagegaan hoe de laagwaardige warmte nog beter dan tot nu toe in de teelt kan worden ingepast. Voor goed inzicht in teeltgebruik en energiebesparing moeten de resultaten van teeltkundig onderzoek in kaart worden gebracht.

Het omgaan met laagwaardige warmte lijkt vooral moeilijk in de perioden met lage warmtevraag. Dit onderdeel zou nader dienen te worden onderzocht. De periode met een lage warmtevraag is namelijk relatief lang (circa vier maanden), zodat er op jaarbasis toch nog een

redelijke energiebesparing mee zou kunnen worden bereikt. De indruk van de huidige situatie is dat telers de mogelijkheden van de condensortoepassing bij lage warmtevraag onderschatten. Er bestaat hierover te weinig kennis en goede cijfers over de energiebesparing op het eigen bedrijf ontbreken. Praktijkmetingen kunnen hieraan een bijdrage leveren.



# 1. Inleiding

## 1.1 Aanleiding voor het onderzoek

In de Meerjarenaafpraak energie (MJA-E) heeft de sector glastuinbouw zich tot doel gesteld om efficiënter om te gaan met energie. De doelstelling van de sector is om in de periode van 1980 tot 2000 te komen tot halvering van het energieverbruik per eenheid product. Daarnaast geldt vanuit overheid de opdracht om de landelijke CO<sub>2</sub>-uitstoot te reduceren. Om de doelstellingen te realiseren wordt onderzoek gestimuleerd dat op korte termijn toepasbare resultaten oplevert.

Eén van de mogelijkheden om energie te besparen in de glastuinbouw is de toepassing van een condensor. In een condensor worden rookgassen uit de ketel verder afgekoeld, waarbij ook het grootste deel van het vocht condenseert. De hierbij vrijkomende warmte wordt benut voor de verwarming van de kas. De condensor is met name geschikt voor het opwarmen van water tot een temperatuur van circa 45°C. Voor verwarmingsdoeleinden wordt water van deze temperatuur laagwaardige warmte genoemd, dit ter onderscheid van hoogwaardige warmte (water met een temperatuur van circa 50 °C tot circa 95 °C).

De 'condensor' kan in drie typen worden ingedeeld, namelijk de enkelvoudige condensor met een aansluiting op de retourleiding van een centraal 'hoogwaardig' verwarmingsnet, de condensor met een aansluiting op een eigen net en de combicondensor, die zowel op de retourleiding van een hoogwaardig verwarmingsnet als op een eigen laagwaardig net is aangesloten. De enkelvoudige condensor op de retourleiding is de toepassing met de laagste besparing (circa 5%). Dit gebruikstype komt voor op bedrijven met één verwarmingsnet (dus toepassing van laagwaardige warmte komt hier niet voor). Voor de benutting van de energie die vrijkomt bij de andere twee gebruikstypen, is toepassing van laagwaardige warmte in de teelt noodzakelijk.

Laagwaardige condensorwarmte kan benut en aangewend worden als er een apart verwarmingsnet beschikbaar is om de condensor op aan te sluiten. Aanleg van een apart net is relatief kostbaar, zodat in de regel volstaan wordt met een vrij klein net. Hier staat tegenover dat de energiebesparing toeneemt tot 7 à 8%. Met de combicondensor is veelal het hoogste warmterendement mogelijk, omdat deze uit twee secties bestaat, waarvan de eerste is aangesloten op de retourleiding en de tweede op een apart laagwaardig net. Hiermee wordt dus respectievelijk hoog- en laagwaardige warmte uit de rookgassen gehaald en kan een besparingspercentage tot circa 10% worden gehaald. De besparingspercentages worden genoemd in *Energie in de glastuinbouw van Nederland* (Van der Velden et al., 1996).

De condensor is technisch-economisch een perspectiefvolle optie. Bij de huidige gasprijs is de condensor op de meeste bedrijven economisch rendabel. Uit onderzoek (Van der Velden et al., 1997) blijkt dat per eind 1996 het gebruik van condensoren bij circa 60% van de ketels voorkomt. De condensortypen zijn als volgt verdeeld: 20% op de retour, 66% op een apart net en 14% combicondensoren. Het aandeel ketels met een condensor op een apart net stijgt geleidelijk.

delijk, terwijl het aandeel ketels met een condensor op de retourleiding daalt. Het aandeel ketels met een combicondensor blijft constant. Uit bovenstaande blijkt dat op veel glastuinbouwbedrijven nog niet de maximale brandstofbesparing met een condensor wordt gerealiseerd. Enerzijds doordat een deel van de bedrijven geen condensor heeft, anderzijds doordat het deel van de condensor-toepassingen met de hoogste brandstofbesparing beperkt is. Hierbij is het wel zo dat de toepassing van laagwaardige warmte een aantal beperkingen kent. Niettemin zou met meer en beter gebruik van laagwaardige warmte nog een aanzienlijke energiebesparing gerealiseerd kunnen worden.

Redenen waarom dit nog niet gebeurt, zijn:

- er bestaat (teeltkundige) onbekendheid met de toepassing van laagwaardige warmte;
- in een aantal gevallen wordt, soms ten onrechte, verondersteld dat het installeren van een condensor en/of aanleg van een apart net niet bedrijfseconomisch verantwoord is;
- het aparte verwarmingsnet wordt ook voor andere doeleinden gebruikt, zoals voor het bijsturen van het klimaat (bijmengen). Hierdoor kan de beschikbare hoeveelheid laagwaardige warmte niet volledig in het secundaire net worden aangewend;
- het verwarmend oppervlak (afgekort vo) van het secundaire verwarmingsnet<sup>1</sup> is te klein, waardoor de afkoeling van het verwarmingswater onvoldoende is om de beschikbare hoeveelheid laagwaardige warmte op te nemen.

## **1.2 Doelstelling en fasering van het onderzoek**

Het verkrijgen van inzicht in het gebruik van laagwaardige condensorwarmte in het teeltproces is een complexe materie. Om deze reden zijn in het onderzoek drie fasen onderscheiden. Fase 1, literatuurstudie en theoretische achtergronden, is in 1995 door PBG-Aalsmeer uitgevoerd (Van Rijssel, 1996).

Fase 2, (teelt)technische en bedrijfseconomische aspecten, krijgt in dit onderzoek aandacht. Het kwantificeren van de huidige benutting van condensorwarmte en het kwalitatief aangeven van de knelpunten die volledige benutting van condensorwarmte belemmeren, staan hierbij centraal.

Deze twee fasen dienen als voorbereiding op fase 3. Fase 3 is een praktijkevaluatie en moet bouwstenen leveren voor het optimaliseren van de toepassingsmogelijkheden van laagwaardige warmte uit de condensor via het opstellen van concrete bedrijfsadviezen.

---

<sup>1</sup> Bij de introductie van de condensoren was er sprake van een condensornet, dat vaak uit vier tubileenslangen per kap van 3,2 m bestond. Tegenwoordig worden de tubileenslangen meestal vervangen door dunne stalen pijpen en is de toepassing uitgebreid tot gewasverwarming. Het is daarom beter om niet langer van een condensornet te spreken, maar van een secundair net.



### 1.3 Afbakening

Een belangrijk onderdeel van fase 2 is een nadere uitwerking van de toepassing van laagwaardige warmte. De onbekendheid in de praktijk rond de aanwending van laagwaardige warmte in de glastuinbouw is (nog) groot. De verwarmingssystemen in de glastuinbouw zijn, in eerste instantie, vooral afgestemd op het aanwenden van hoogwaardige warmte (tot 90°C à 95°C in de aanvoerleiding) in een primair verwarmingsnet. Het aanwenden van laagwaardige condensorwarmte brengt een aantal eisen met zich mee. Zo moet er een apart verwarmingsnet (secundair verwarmingsnet) van zodanige omvang aanwezig zijn, dat de warmteafgifte ook bij lagere buistemperaturen voldoende is (22 à 27% van het totale verwarmend oppervlak; zie bijlage 1). In dit net mag alleen, bij hoge uitzondering, water van een hoge temperatuur worden bijgemengd als de warmtebehoefte van de kas niet geheel via het primaire net kan worden gedekt. In de optimale situatie is de condensor (combi) dus aangesloten op een secundair net waarbij het primaire net een zo groot vo heeft, dat in het secundaire net nooit warm ketelwater hoeft te worden bijgemengd. Dit resulteert in een maximale benutting van de warmte uit de rookgassen.

'Droogstoken' en/of verdamping stimuleren met een hete pijp (dat wil zeggen als de temperatuur van het water in de retourleiding 50°C of hoger is), leidt tot situaties waarin met de 'condensor op de retour' geen energie kan worden bespaard. 'Droogstoken' en/of verdamping stimuleren met de inbreng van laagwaardige condensorwarmte, via een apart net met lage buistemperatuur, kan wel leiden tot energiebesparing, maar of dit in de praktijk gebeurt wordt nergens vermeld (Van Rijssel, 1996).

### 1.4 De grenzen voor benutting van de condensorwarmte

De vraag kan gesteld worden of alle laagwaardige warmte in de kas daadwerkelijk nuttig kan worden aangewend. Met andere woorden: zijn er perioden in het jaar waarin wel laagwaardige warmte beschikbaar komt, maar deze warmte uit een oogpunt van verwarming of energiebesparing geen bijdrage levert? Om hierop antwoord te kunnen geven, wordt het gebruik van een ketel (met een (combi)condensor op een apart net) in twee voorbeeldsituaties (winter en zomer) beschreven.

#### *Uitwerking voorbeeldsituaties*

Uitgangspunt is dat een bedrijf is uitgerust met een primair en secundair verwarmingsnet. Hiermee kan zowel hoogwaardige als laagwaardige warmte in de kas worden gebracht. Het primaire net bestaat uit 4 buizen van 51 mm per kap van 3,2 m (vo is dan 0,2 m<sup>2</sup> per m<sup>2</sup> kas) is bedoeld voor de hoogwaardige warmte. Het secundaire net bestaat uit 2 gelakte dunwandige stalen buizen van 28 mm doorsnede per kap van 3,2 m (vo 0,0549 m<sup>2</sup> per m<sup>2</sup> kas). Het verwarmend oppervlak (vo) van het secundaire net bedraagt dan 22% van het totale vo. De warmtelevering in deze voorbeeldsituatie kan plaatsvinden via beide verwarmingsnetten.

*In de winter* is de warmtevraag hoog. Er wordt veel hoogwaardige warmte via het primaire net in de kas gebracht. Ongeveer 10% van de warmte wordt via het secundaire net als

laagwaardige warmte in de kas gebracht. Beide warmtestromen dragen bij aan het realiseren van de lucht- en gewastemperatuur in de kas en worden daarom nuttig aangewend. Slechts incidenteel, bij extreme koude, is bijmengen met ketelwater nodig voor het handhaven van de kastemperatuur.

*In de zomer* zijn de aanwendingsmogelijkheden van laagwaardige warmte beperkter; er komen nu perioden voor met een warmteoverschot. Dit doet zich voor als er met de ketel CO<sub>2</sub> wordt gedoseerd in perioden zonder warmtevraag. Een deel van de warmte die tijdens het doseren vrijkomt, wordt via een minimumbuis (in het primaire net) afgevoerd of in een warmteopslagtank opgeslagen. De laagwaardige condensorwarmte die dan beschikbaar is kan niet of slechts gedeeltelijk nuttig aangewend worden.

Uit bovenstaande kan worden geconcludeerd dat niet altijd alle (condensor)warmte nuttig kan worden gebruikt op de glastuinbouwbedrijven. In perioden met een warmteoverschot gaat hoogwaardige warmte verloren en kan laagwaardige warmte niet worden benut.

## **1.5 Opbouw van het rapport**

In hoofdstuk twee worden de gehanteerde opzet en de gebruikte methoden genoemd. In hoofdstuk drie zijn de resultaten van de desk-studie naar het voorkomen van condensors in het Bedrijven-Informatienet van het LEI behandeld.

In hoofdstuk vier komen de resultaten van de enquête aan bod, terwijl de conclusies en aanbevelingen, met daarbij de aanbevelingen voor de derde fase, in hoofdstuk vijf zijn vermeld.

## 2. Opzet en methode

### 2.1 Inleiding

De knelpunten die zich voordoen bij het gebruik van laagwaardige warmte liggen in de technische beperkingen op het bedrijf om laagwaardige warmte in de kas te brengen en in de mate waarin de teler mogelijkheden ziet voor benutting van de laagwaardige warmte in relatie tot zijn teelt. Hierbij wordt gedacht aan het vóórkomen van bijmengen van hoogwaardige warmte in het secundaire net en het aanpassen van de minimumbuistemperatuur aan de beschikbare laagwaardige warmte. Nagegaan is welke verwarmingssystemen op de bedrijven voorkomen. Hiervoor is informatie gebruikt uit het Bedrijven-Informatienet van het LEI en uit de aanvullende informatieverzameling die plaatsvindt in het kader van de jaarlijkse monitoring van het energieverbruik op glastuinbouwbedrijven.

Vervolgens zijn, via een schriftelijke enquête bij genoemde bedrijvengroep, de ervaringen van tuinders met laagwaardige warmte in kaart gebracht. Het onderzoek richt zich hierbij op het kennisniveau en de houding van tuinders ten opzichte van laagwaardige warmte. Verder is gevraagd naar hun mening over de toepassing van laagwaardige warmte in de gehele glastuinbouw. Vóór het uitvoeren van de enquête is een aantal ondernemers van glastuinbouwbedrijven, die ervaring hebben met de toepassing van laagwaardige warmte, bezocht en geïnterviewd (proefenquête).

De schriftelijke enquête is in totaal aan een zestigtal telers verzonden. Dit waren telers van tomaten, paprika, rozen, chrysanten en potplanten met een condensor die aangesloten is op een secundair net. Daarnaast is de enquête nog verzonden aan een beperkt aantal glasgroentetelers, telers van snijbloemen onder glas en potplantentelers met een condensor die aangesloten is op de retourleiding van het primaire net.

### 2.2 Bedrijfskeuze uit het Bedrijven-Informatienet, tevens voor de te enquêteren bedrijven

Condensors worden in alle subsectoren van de glastuinbouw (glasgroente, snijbloemen onder glas en potplanten) gebruikt, onder zeer uiteenlopende omstandigheden (zie hiervoor ook hoofdstuk 3). Bij de keuze van de bedrijven zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- er is gekozen voor bedrijven met een condensor en binnen deze groep vooral de bedrijven met een condensor aangesloten op een secundair net. Hiermee wordt beoogd zoveel mogelijk informatie te krijgen over ervaringen met het gebruik van een secundair net met lage buistemperaturen;
- per subsector zijn ongeveer 20 bedrijven geënuquêteerd, waarbij binnen de glasgroente-teelt vooral tomaten- en paprikabedrijven en binnen de snijbloemeteelt vooral rozen- en chrysantenbedrijven zijn benaderd. De reden hiervoor is dat de resultaten van de en-

quête groepsgewijs kunnen worden vergeleken omdat de genoemde groepen voldoende omvang hebben;

- de gewassen van de sector potplantenteelt zijn in de gegevensverzameling van het Informatienet ingedeeld in bloeiende en groene potplanten. Omdat uit de desk-studie bleek dat er bij deze tweedeling geen relatie tussen gewassen en buistypen of brandstofintensiteit valt waar te nemen, zijn de potplantenbedrijven in dit onderzoek als één groep behandeld;
- bedrijven, die gebruikmaken van restwarmte worden in dit onderzoek niet meegenomen omdat restwarmtegebruik het economisch rendement van een condensor sterk beperkt;
- bedrijven, die gebruikmaken van een warmte/kracht-installatie maken geen deel uit van dit onderzoek. Een w/k-installatie kan namelijk het condensorendement verstoren;
- om te voorkomen dat onduidelijkheid ontstaat over aansluitingen en netten als gevolg van een ingewikkelde bedrijfsopzet, is bij de keuze van de bedrijven het maximaal aantal afdelingen per bedrijf op acht gesteld.

### **2.3 Respons op de enquête**

Eerst is door middel van bedrijfsbezoek een proefenquête gehouden op acht bedrijven (van elke sector twee bedrijven, aangevuld met twee bedrijven met een enkelvoudige condensor), waarbij gestreefd is naar grote variatie in de te enquêteren bedrijven. Daarna is aan 52 bedrijven een enquête verzonden, waarbij voorzover mogelijk, de gegevens van het Bedrijven Informatienet van het LEI op het formulier waren ingevuld. Eén bedrijf is afgefallen, omdat uit de ingevulde enquête bleek dat dit bedrijf vooral perkplanten teelde en een laag gasverbruik had. Van de overige bedrijven is alle informatie (gedeeltelijk via een herhalingsverzoek en/of telefonische navraag en/of aanvulling) binnengekomen. Voorzover het onderzoek op de via de enquête binnengekomen informatie berust, betreft dit dus in totaal 59 geënquêteerde bedrijven. Hierbij dient nog wel vermeld dat niet alle bedrijven alle vragen hadden ingevuld. Voorzover van betekenis, is dit bij de tabellen vermeld.

### 3. Informatie uit het Bedrijven-Informatienet

#### 3.1 Condensors op de (hoofd)ketel

In het hoofdstuk 'Inleiding' zijn van de condensor reeds de penetratiegraden en de ontwikkeling in de periode 1990-1996 vermeld. Deze cijfers hebben betrekking op alle ketels. Op een bedrijf kunnen meerdere ketels in gebruik zijn. Een condensor aangesloten op een ketel waarmee de meeste warmte wordt geproduceerd (de hoofdketel), is het eerst rendabel. Viervijfde deel van alle ketels is een hoofdketel. Daarom worden condensors op de hoofdketel apart vermeld (tabel 3.1). Uit de tabel blijkt dat bij de hoofdketels vaker een condensor aanwezig is, namelijk bij 64% van de hoofdketels tegenover 57% van alle ketels. Hieruit volgt dat bij de ketels, die niet als hoofdketel in gebruik zijn, slechts in 29% van de gevallen een condensor voorkomt. Zesendertig procent van de hoofdketels is dus niet op een condensor aangesloten en over alle ketels bedraagt dit 43%.

De verdeling van de condensortypen bij de hoofdketels is vrijwel gelijk aan de verdeling van de condensortypen bij alle ketels.

*Tabel 3.1 Verdeling van de ketels en de hoofdketels naar condensortype per eind 1994 (in % van alle ketels c.q. hoofdketels op glastuinbouwbedrijven)*

Type condensor	Alle ketels	Hoofdketels
Percentage aanwezige condensors	57	64
Waarvan: - condensors op retour	20	20
- condensors op apart net	66	65
- combicondensors	14	15
Totaal	100	100

Bron: Bedrijven-Informatienet.

Van de aanwezige condensors bestaat 20% uit een condensor op de retourleiding, dit is het minst energiebesparende type. De ontwikkeling tot nu toe kan erop wijzen dat de condensor op de retour in bescheiden mate wordt vervangen door de condensor met apart net. Duidelijk is dat energiebesparing met behulp van condensors verder kan worden geoptimaliseerd. Het grote voordeel van energiebesparing met condensors is, dat deze energiebesparende optie die het kasklimaat en de lichttransmissie van de kas niet beïnvloedt.

#### 3.2 Laagwaardige warmte, jaarverbruik brandstof en brandstofintensiteit

Het gebruik van de condensor hangt over het algemeen samen met de brandstofstofdintensiteit ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ ) en het brandstofverbruik per hoofdketel. Voor bedrijven met een hogere brandstofintensiteit en/of ketels met een hoger absoluut brandstofverbruik zouden condensortypen met een hogere brandstofbesparing eerder interessant zijn. In tabel 3.2 zijn de bedrijven weergegeven naar klassen van absoluut brandstofverbruik en naar brandstofintensiteit (gasverbruik in  $\text{m}^3/\text{m}^2$ ). De klasse met hoofdketels met een jaarverbruik van minder dan 200.000  $\text{m}^3$  omvat 24% van de hoofdketels, de klasse met een jaarverbruik van 200.000 tot 500.000  $\text{m}^3$  omvat 37% van alle hoofdketels en de hoogste klasse (meer dan 500.000  $\text{m}^3$  per jaar) kent een aandeel van 39%. In de klasse met het laagste jaarverbruik overheerst een brandstofintensiteit van minder dan 40  $\text{m}^3/\text{m}^2$ , de klasse met het hoogste jaarverbruik bestaat vooral uit bedrijven met een brandstofintensiteit van meer dan 40  $\text{m}^3/\text{m}^2$  en in de middenklasse komen beide brandstofintensiteiten in ongeveer gelijke mate voor.

Uit tabel 3.2 is verder af te leiden dat bij hoofdketels met een jaarverbruik van minder dan 200.000  $\text{m}^3$  a.e. gecombineerd met een brandstofintensiteit van minder dan 40  $\text{m}^3$  a.e. per  $\text{m}^2$  kas het aandeel condensors relatief laag is (28%). In de klassen met een brandstofverbruik van meer dan 500.000  $\text{m}^3$  is het aandeel condensors op een apart net (inclusief combi-condensor) relatief hoog (63 resp. 73%), maar het lijkt toch zeer waarschijnlijk dat dit nog verder kan worden verhoogd, met name op de bedrijven met een verbruik van meer dan 40  $\text{m}^3/\text{m}^2$ .

*Tabel 3.2 Verdeling van de hoofdketels per klasse van brandstofverbruik en verder naar brandstofintensiteit en de verdeling naar type condensor per klasse in de glastuinbouw in 1995 (in % van totaal per klasse)*

Ketels (hoofd) en typen condensors	Klasse van brandstofverbruik per hoofdketel (in 1.000 $\text{m}^3$ a.e. per jaar)					
	Brandstofintensiteit per bedrijf (in $\text{m}^3$ a.e. per $\text{m}^2$ )					
	<200		200-500		>500	
	≤40	>40	≤40	>40	≤40	>40
Hoofdketels (totaal 100%)	21	3	17	20	6	33
w.v. condensor:						
- geen	72	43	36	35	35	13
- op retour	14	-	19	11	2	14
- apart net	14	15	39	41	58	59
- combi	-	42	6	13	5	14
Totaal	100	100	100	100	100	100

Bron: Bedrijven-Informatienet.

Voor alle drie groepen van jaarverbruik geldt dat het aantal hoofdketels zonder condensor hoger is bij een brandstofintensiteit van minder dan of gelijk aan  $40 \text{ m}^3 \text{ a.e./m}^2$  dan bij een brandstofintensiteit van  $40 \text{ m}^3 \text{ a.e./m}^2$  of meer. Bij de groep hoofdketels met een jaarverbruik van 200.000 tot 500.000  $\text{m}^3 \text{ a.e.}$  per jaar is dit verschil te verwaarlozen. De mate van voorkomen van de condensoren blijkt dus zowel door de brandstofintensiteit als door het totale brandstofverbruik per jaar te worden bepaald.

### 3.3 Typen secundaire netten

Zoals in het hoofdstuk Inleiding al vermeld wordt in dit rapport niet gesproken over 'condensornetten', maar over secundaire netten. De verwarming van de kassen in de gespecialiseerde glastuinbouw bestaat voor 91% van het areaal uit buisverwarming. Hierbij zijn de bedrijven met een combinatie van buis- en heteluchtverwarming inbegrepen. Op gemiddeld 51% van het areaal met buisverwarming wordt ook een buizen- of slangennet gebruikt dat is aangesloten op een condensor. De secundaire netten zijn in dit onderzoek ingedeeld in vier groepen (tabel 3.3). De stalen netten met een diameter van 51 mm of meer, de netten met een diameter kleiner dan 51 mm (staal en aluminium), de slangenverwarming (polyetheen, polypropyleen), de betonvloer-, de tablet- en de matverwarmingsnetten. Met deze vier groepen wordt 99% van de glastuinbouw met buisverwarming beschreven.

*Tabel 3.3 Aandeel van het areaal buisverwarming op de groente-, snijbloemen-, potplanten- en glastuinbouwbedrijven en de verdeling over de verschillende typen netten aangesloten op de condensor per eind 1994*

	Groente	Snijbloemen	Potplanten	Totaal
Areaal buisverwarming (incl. combinatie met hetelucht) (in % van totaal areaal)	82	97	99	91
Areaal met secundaire netten (in % van totaal areaal buisverwarming)	63	44	46	51
Verdeling secundaire netten:				
- $\geq 51 \text{ mm}$	20	34	15	25
- $< 51 \text{ mm a)$	35	36	2	32
- slangen	43	30	55	38
- betonvloer	-	-	28	4
- overig	2	-	-	1
Totaal	100	100	100	100

a) Staal of aluminium netten.

Bron: Bedrijven-Informatienet.

Secundaire netten komen in de groenteteelt meer voor dan in de snijbloemen- en potplantenteelt. De verdeling over de vier nettypen van de condensor is per sub-sector verschillend. In de groenteteelt worden relatief veel slangennetten en dunne buistypen als secundair net gebruikt. In de snijbloementeleelt worden daarnaast ook relatief veel buistypen met grotere doorsnede gebruikt. In de potplantenteelt is de condensor vaak aangesloten op het slangennet van de betonvloer (en/of van de teelttabletten) en op de slangenverwarming (op de vloer of op het tablet).

De dunne stalen of aluminium buis is, als secundair net, al aardig ingeburgerd op de glasgroente- en de snijbloemenbedrijven. Op de snijbloemen- en potplantenbedrijven komt op minder dan de helft van het areaal een apart net voor. De energiebesparing kan hier waarschijnlijk verder worden verhoogd. Uit tabel 3.3 blijkt verder dat het aparte net bij de potplantenbedrijven voor 55% uit slangen bestaat. Dit kunnen slangen zijn in of op de grond of in, op of onder het tablet.

### **3.4 Omvang van de secundaire netten**

De energiebesparing die met een condensor gerealiseerd wordt, wordt vooral bepaald door de mogelijkheden van het secundaire net. Deze mogelijkheden hangen samen met de omvang van het net (verwarmend oppervlak, afgekort: vo) en of er warm ketelwater wordt bijgemengd. Hoe groter een secundair net, hoe meer warmte afgegeven kan worden. Hierbij geldt wel dat bij een lagere watertemperatuur de warmte-afgifte (W/m buis) kleiner wordt. Het verschil tussen buistemperatuur en kastemperatuur wordt namelijk kleiner, terwijl over het algemeen geldt dat de warmteafgifte recht evenredig is met het temperatuurverschil tussen buis en kaslucht (bijlage 1).

Om na te gaan in hoeverre in de praktijk het secundaire net voldoende groot is om de laagwaardige warmte van de condensor naar de kas te brengen is gezocht naar een minimumwaarde. Eerst is berekend dat het secundaire net, bij een energiebesparing uit de condensor van 10%, een omvang van 22% tot 27% van het totale vo moet hebben om alle condensorwarmte te kunnen afgeven (zie bijlage 1). Het bedrijfseconomisch optimum zal lager liggen dan het technische, omdat de ketel slechts weinig uren op vol vermogen draait. Daarom is er gekozen voor een grenswaarde van het secundaire net van 20% van het totale vo van het verwarmingsnet in de kas. Bij een vo van het secundaire net kleiner dan 20% van het totale vo in de kas, wordt het vo van het secundaire net te klein geacht om de condensorwarmte voldoende te benutten.

Uit de analyse komt naar voren dat op 37% van het areaal met secundaire netten het vo kleiner is dan 20% van het totale vo van het verwarmingssysteem. Op dit areaal met buisverwarming en een secundair net is het verwarmend oppervlak te klein voor een optimale afgifte van laagwaardige warmte. Hieruit kan geconcludeerd worden dat ook op bedrijven met een condensor op een secundair net nog energie valt te besparen door het vo te vergroten.



Voor de Nederlandse glastuinbouw betekent dit in 1994:

Totaal areaal staand glas circa	10.000 ha (CBS)
waarvan met buisverwarming 91%	9.100 ha
waarvan met secundair net 51%	4.641 ha
waarvan met onvoldoende vo secundair net 37%	1.717 ha

### 3.5 Bijmengen in secundaire netten

Uit tabel 3.4. blijkt dat het bijmengen van warm ketelwater veel (op 63% van het areaal) voorkomt. Hierbij krijgt het secundaire net tijdelijk een andere functie, bijvoorbeeld om samen met het primair net in de warmtebehoefte te voorzien (in de winter) of om teeltkundige redenen (warmte op de juiste plaats).

*Tabel 3.4 Aandeel van het areaal met een secundair net waarin ketelwater wordt bijgemengd in de drie subsectoren in de glastuinbouw en in de glastuinbouwsector als geheel in 1995 (per type net in % van totaal)*

Type verwarmingsnet	Aandeel met bijmengen			
	groenten	snijbloemen	potplanten	totaal
≥51 mm + ≥51 mm profiel	58	54	96	59
<51 mm	76	56	98	67
Betonvloer/tablet	-	-	95	95
Kunststof slangen	55	45	86	58
Gemiddeld	64	52	90	63

Bron: Bedrijven-Informatienet.

Bijmengen vindt vooral plaats op bedrijven met betonvloer- en tabletverwarming. De vloer- en tabletverwarming heeft een groot verwarmend oppervlak en daardoor ook een grote verwarmingscapaciteit. Bovendien wordt hierin de watertemperatuur beperkt tot 30/35 °C. Hierdoor is bijmengen voor het benutten van laagwaardige warmte in deze situatie geen beperking. Bij de andere typen wordt het rendement van de condensor door het bijmengen negatief beïnvloed, zeker op bedrijven met een beperkt verwarmend oppervlak van het secundaire net. Het is overigens niet zo dat er voortdurend wordt bijgemengd. Het kan zijn dat bijmengen slechts enkele weken per jaar voorkomt. In paragraaf 4.6 wordt hier verder op ingegaan. Bijmengen blijkt vooral op de potplantenbedrijven veel voor te komen.

## 4. Enquête onder glastuinders met laagwaardige warmte

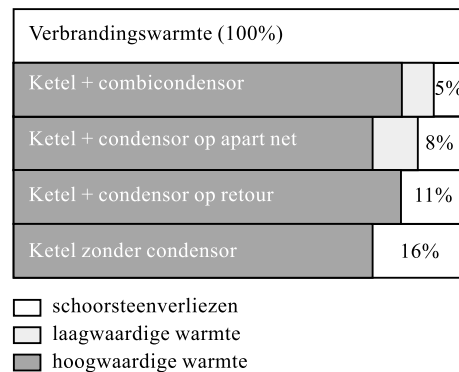
### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten weergegeven van de enquête onder de glastuinders. Zoals al vermeld zijn uitsluitend bedrijven met condensor genomen voor dit onderzoek en hiervan de bedrijven met een apart net. Aanvullend zijn enkele bedrijven met een enkelvoudige condensor geënuquêteerd, om hun motieven voor deze condensor te vernemen. De minimumbuis-instelling en het bijmengen beïnvloeden beiden de energiebesparing van de condensor en worden daarom apart behandeld.

Begonnen wordt met het weergeven van een aantal kenmerken van de groepen van bedrijven. Hiermee kan inzicht in het stookgedrag worden verkregen, zodat later in het verslag beter op de mogelijkheden van condensoren kan worden ingegaan.

In figuur 4.1 wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde benutting van de door aardgas opgewekte warmte bij de verschillende condensortypen. Duidelijk wordt hieruit dat de combicondensor de hoogste benutting van de opgewekte warmte geeft.

Bij gebruik van de ketel zonder condensor wordt ongeveer 84% van de warmte benut, de rest zijn schoorsteenverliezen. Als alleen de condensor op de retour wordt gebruikt, neemt de benutting met 5%-punten toe tot 89%. Toepassing van de condensor, aangesloten op een apart net leidt tot een benutting van 92% (hierbij gelden een aantal beperkingen, zoals uit dit onderzoek naar voren komt). Indien een combicondensor wordt toegepast kunnen de schoorsteenverliezen tot 5% worden beperkt.



Figuur 4.1 Gemiddelde benutting van verbrandingswarmte bij de toepassing van verschillende condensortypen

Voor figuur 4.1 geldt dat, als de totale verbrandingswarmte op 100% (procentpunten) wordt gesteld, de via de condensor op de retourleiding teruggewonnen warmte 5%, de via het aparte net teruggewonnen warmte 8% en de teruggewonnen warmte via de combicondensor 11% bedraagt. In het laatstgenoemde geval is er nog sprake van circa 5% schoorsteenverliezen.

## 4.2 Enkele kenmerken van de geënquêteerde bedrijven

De bedrijven zijn ingedeeld naar gewas. Aan de enquête hebben glasgroentebedrijven met tomaten, paprika en komkommer, snijbloemenbedrijven met chrysant en roos en potplantenbedrijven meegedaan. In tabel 4.1 zijn per gewas enkele kenmerken van de bedrijven opgenomen.

Tabel 4.1 Enkele kenmerken van de bedrijven met condensors a)

Gewas	Aantal bedrijven	Gemiddelde oppervlakte glas in m <sup>2</sup> /bedrijf	Gemiddeld gasverbruik in m <sup>3</sup> a.e./m <sup>2</sup>	Gemiddeld elektraverbruik in kWh/m <sup>2</sup>
Tomaat	9	15.100	64	7
Paprika	12	14.700	57	8
Chrysant	7	23.400	42	19
Roos	8	12.500	54	22
Potplanten	19	9.900	49	9
Totaal aantal bedrijven	55			
Gemiddeld		15.120	53	12

a) Twee komkommerbedrijven zijn evenmin als twee bedrijven met overige snijbloemen in de tabel vermeld. Deze groepen bedrijven zijn te klein voor een enigszins betrouwbaar gemiddelde.

Van de onderzochte bedrijven zijn de chrysantenbedrijven gemiddeld het grootst en de potplantenbedrijven gemiddeld het kleinst. Hoewel de bedrijfsgrootteverschillen tussen bedrijven met eenzelfde gewas fors zijn, is er geen relatie gevonden tussen bedrijfsgrootte en het (voor het gewas gecorrigeerde) gasverbruik per m<sup>2</sup>.

De glasgroentebedrijven hebben gemiddeld het hoogste gasverbruik per m<sup>2</sup>. Dit valt des te meer op omdat er op de glasgroentebedrijven eens per jaar teeltwisseling plaatsvindt (meestal in de periode november/december) waarin enkele weken niet of weinig wordt gestookt. Een deel van het relatief hoge verbruik kan verklaard worden uit het grotere CO<sub>2</sub>-gebruik in de glasgroenteteelt in perioden zonder warmtevraag. Voor tomatenteelt kleven er nogal wat bezwaren aan het gebruik van energieschermen. Dit heeft vooral te maken met lichtonderschepping in de kas (Sluis, 1995).

Bij chrysanten- en potplantenbedrijven vindt teeltwisseling meestal verspreid over het jaar plaats, waarbij lang niet altijd de mogelijkheid bestaat om het deel van de kas waarin de

teeltwisseling wordt uitgevoerd (tijdelijk) niet te verwarmen. Op rozenbedrijven vindt teeltwisseling maar eens in de 4 à 5 jaar plaats. Op één van de deelnemende rozenbedrijven wordt in de winter niet doorgestookt. Het relatief hoge elektriciteitsverbruik op de rozen- en chrysantenbedrijven wordt veroorzaakt door een enkel bedrijf in beide groepen met assimilatiebelichting.

Uit tabel 4.2 blijkt dat de hoogte van het gasverbruik niet altijd samengaat met de hoogte van het ingestelde temperatuurniveau in de kas.

Tabel 4.2 Ingestelde kastemperatuur per gewas en gasverbruik per °C

Gewas	Ingestelde kastemperatuur in °C		Verschil tussen dag- en nachttemp. in °C	Gemiddelde etmaaltemp. in °C	Gasverbruik in m³ a.e. per °C
	overdag	's nachts			
Tomaat	18,4	17,1	1,3	17,7	3,60
Paprika	21,0	18,9	2,1	19,9	2,87
Chrysant	18,5	19,1	-0,6	18,8	2,22
Roos	18,3	17,1	1,2	17,7	3,03
Potplanten	19,1	18,4	0,7	18,8	2,61
Gemiddeld	19,1	18,1	0,9	18,6	2,87

De in het onderzoek voorkomende gewassen zijn globaal in drie groepen te verdelen (op basis van de gemiddelde temperatuur voor dag en nacht per kwartaal):

1. hoge kastemperatuur (circa 20 °C) paprika;
2. gemiddelde kastemperatuur (circa 19 °C) chrysant en potplanten en
3. lage kastemperatuur (circa 18 °C) tomaat en roos.

Opvallend is de situatie bij chrysant. De gemiddelde nachttemperatuur is bij dit gewas 0,6 °C hoger dan overdag. Door het schermgebruik bij dit gewas is een 'negatieve DIF' (dat wil zeggen een hogere nacht- dan dagtemperatuur) kennelijk goed uitvoerbaar. Mede hierdoor is chrysant het gewas met het laagste gasverbruik.

Waarschijnlijk is schermgebruik (vast scherm) ook de oorzaak van het verschil tussen tomaat (gasverbruik 64 m³/m² bij een gemiddelde kastemp. van 17,7 °C) en paprika (57 m³/m² bij 19,9 °C). Bij paprika wordt ook het grootste verschil tussen dag- en nachttemperatuur (2,1 °C) aangetroffen. Uit onderzoek op tomaten- en komkommerbedrijven over 1993-1996 (Ver-nooij, 1998), blijkt dat er op tomatenbedrijven zeer weinig schermen voorkomen (vaste schermen 4,4% en beweegbare schermen 12,3% van het areaal glas, bij een gemiddelde schermduur van 4,2 weken in 1993).

De leeftijd van de kassen loopt uiteen van 1 tot 25 jaar. Hoewel algemeen wordt aangenomen dat nieuwe kassen een relatief laag gasverbruik tot gevolg hebben, is er op grond van de beschikbare informatie geen verschil gevonden tussen het gasverbruik van oude en nieuwe

kassen. Dit komt onder andere doordat er kassen van verschillende leeftijden op één bedrijf voorkomen. Het gasverbruik is alleen bekend van het bedrijf als geheel.

Uit het gasverbruik per (ingestelde) °C valt op te maken dat het zuinig omgaan met energie met name voor het gewas tomaat het moeilijkst is. Voor een deel kan dit komen door CO<sub>2</sub>-dosering; als bij andere gewassen ook meer CO<sub>2</sub> gegeven gaat worden in perioden zonder warmtevraag kan het gasverbruik per °C daar ook toenemen.

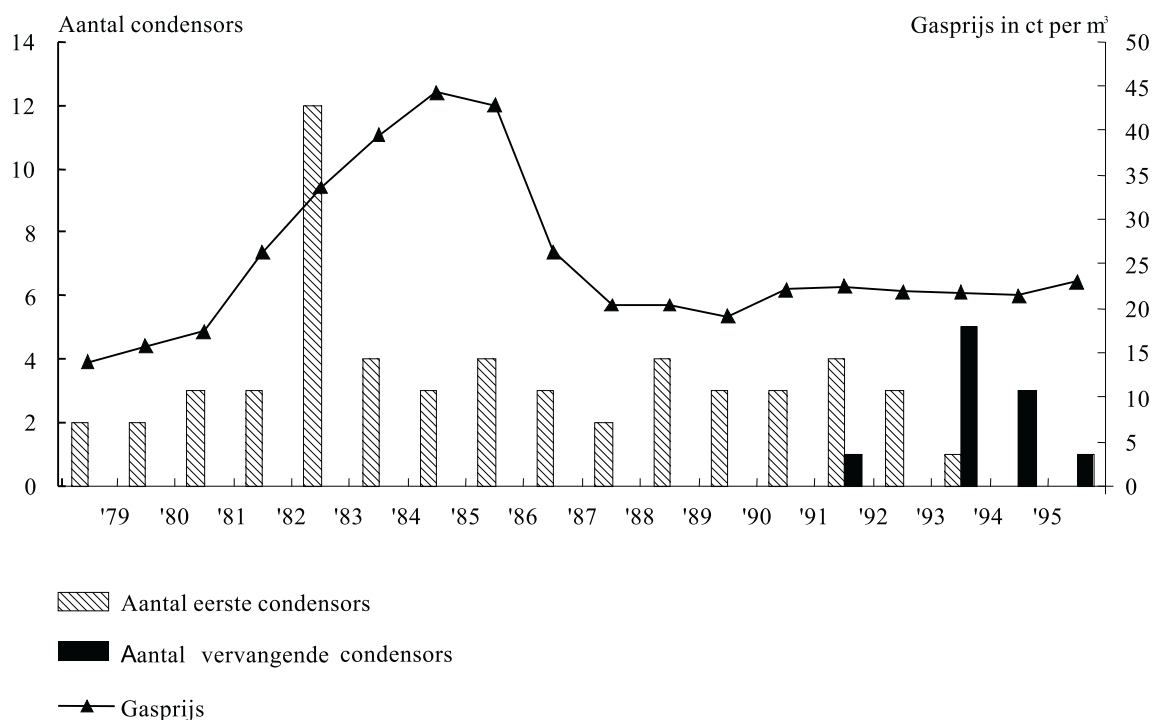
### 4.3 Enkele kenmerken van de condensors

#### 4.3.1 Inleiding

In deze paragraaf worden de leeftijd van de condensors, de aansluiting van de condensors en de voorkomende merken behandeld.

#### 4.3.2 De leeftijd van de condensors

De leeftijd van de condensors varieert van 1 tot 18 jaar. In figuur 4.2 wordt een overzicht gegeven van het jaar van installatie van de condensor, waarbij de gasprijs per jaar is vermeld. In het jaar 1982 was de gasprijs al behoorlijk aan het stijgen. Kennelijk hebben veel tuinders (mede onder invloed van de subsidieregeling ter bevordering van de energiebesparing, die 1 oktober 1981 van kracht werd) hierop gereageerd met het aanschaffen van een condensor.



Figuur 4.2 Aanschaffjaar van de eerste en de vervangende condensors en de gasprijs per jaar

Van de in de jaren zeventig en tachtig aangeschafte condensors is inmiddels een aantal vervangen. De laatste jaren komt op de onderzochte bedrijven alleen maar vervangingsinvestering van de condensor voor.

De vervangen condensors waren ongeveer 15 jaar oud. Het is overigens opvallend hoeveel condensors van 'hoge leeftijd' er nog aanwezig zijn. Volgens informatie van enkele leveranciers van condensors geldt evenwel dat er bij goed onderhouden (dat wil zeggen schoongemaakte) condensors geen sprake is van teruglopend rendement bij toenemende ouderdom van de condensor. Jammer genoeg geeft het beschikbare informatiemateriaal noch bevestiging, noch ontkenning van dit verhaal.

Bij het LEI wordt een afschrijvingsnorm van de nieuwwaarde van 8 jaar voor de combi-condensor en van 10 jaar voor de enkelvoudige condensor aangehouden. Vergeleken met de opgegeven leeftijden van de condensors is dan al 50% van de aanwezige condensors geheel afgeschreven. Van de voorkomende condensors is namelijk 50% 10 jaar of jonger, 39% valt in de klasse van 11 tot en met 15 jaar en 7% heeft zelfs een leeftijd van 16 tot en met 18 jaar (van 4% is de leeftijd niet bekend). Een eenmaal aangeschafte condensor blijkt dus jaren mee te kunnen.

#### 4.3.3 Van pijpen- naar lamellencondensors

Het type condensor op de geënuquêteerde bedrijven bestond tot ongeveer 1986 voor de helft uit pijpencondensors. Deze zijn met name van de firma Crone afkomstig. Na 1986 worden door de deelnemers bijna uitsluitend lamellencondensors gekocht. Volgens opgave van de leverancier (Crone) is de reden voor deze omschakeling de kleinere uitvoering van de lamellencondensor, waardoor hij beter past in het ketelhuis. De werking van beide typen vertoont weinig verschil, de prijs van lamellencondensors ligt circa 12% hoger. Momenteel wordt de pijpencondensor niet meer geleverd.

#### 4.3.4 De aansluiting van de condensors

Slechts één condensor is aangesloten op de retourleiding van één net. Meestal worden de retouren van eenzelfde type net van verschillende verwarmingsgroepen bijeengebracht en gezamenlijk door de condensor geleid. Op bedrijven met meerdere verwarmingsnetten komt het voor dat een groter aantal retourleidingen via de condensor worden geleid. Via handmatig te bedienen afsluiters wordt dan een keuze gemaakt uit de aansluitmogelijkheden.

#### 4.3.5 Merken van de condensors

Op de geënuquêteerde bedrijven blijken vijf merken van condensors meer dan eens voor te komen. Daarnaast zijn er zes merken die elk met één condensor voorkomen. Ten slotte zijn er nog 10 condensors waarvan de telers opgeven dat zij niet weten wat het merk van hun condensor is. Tabel 4.3 geeft een overzicht van de condensors per merk, ingedeeld naar de grootte van de ketel.

*Tabel 4.3 Voorkomende merken van de condensors, ingedeeld naar de capaciteit van de bijbehorende ketel (in aflopende volgorde van frequentie per merk)*

Merk	Capaciteit van de bijbehorende ketel (mln. kcal/h)				Totaal	Aandeel per merk (%)
	0,3 - <1,5	1,5 - <2,5	2,5 - <3,5	3,5 - 5,0		
Van Dijk	2	9	6	5	22	31,9
Crone	3	6	4	3	16	23,2
Zantingh	4	3	1		8	11,6
SMD	1	1		2	3	5,8
Thermetha			1	2	3	4,4
Overige		2	4		6	8,7
Onbekend	4	4	2		10	14,5
Totaal	14	25	18	12	69	100,0

De merken Van Dijk en Crone samen komen bij ruim de helft van de ketels voor. De condensors van het merk Zantingh en de condensors waarvan het merk onbekend is, behoren voornamelijk tot de ketels met een relatief kleine capaciteit. Een kleinere ketelcapaciteit kan samenhangen met de bedrijfsgrootte. Voor wat het merk Zantingh betreft kan de kleinere ketelcapaciteit ook streekgebonden zijn (werkgebied voornamelijk Aalsmeer en omstreken). De ketelcapaciteit op de geënquêteerde bedrijven varieert van 0,3 tot en met 5,0 mln. kcal per uur.

#### 4.3.6 Capaciteit van de condensors

Voor de meeste condensors is de capaciteit van de condensor bij de teler niet bekend. Vaak heeft de teler geen andere informatie dan dat de capaciteit van de condensor op aanwijzingen van de installateur aangepast is aan de capaciteit van de ketel.

De fabrikanten van de condensors beschikken over rekenmethoden om de benodigde capaciteit van de condensors te bepalen vanuit de omvang van de diverse verwarmingsnetten. Zij stellen de ontwikkelde methode ter beschikking aan de installateurs, of rekenen de benodigde capaciteit zelf uit bij bestelling. Dit wijst erop dat de vraag naar de capaciteit van de condensor in het algemeen buiten de teler om wordt beantwoord.

## 4.4 De omvang van de secundaire netten

### 4.4.1 Inleiding

De inrichting van de verwarmingsnetten is de laatste jaren nogal veranderd. Op de glasgroentebedrijven kwamen als regel 4 pijpen met een doorsnede van 51 mm voor per kap van 3,20 m. De pijpen werden eerst opgehangen aan de poten van de kas, later twee aan de poot en twee onder de nok per kap. Tegenwoordig liggen op deze bedrijven de buizen twee aan twee op de

grond als drager voor het transport in de kas (het zogenaamde buis-railsysteem). Dit systeem wordt de laatste jaren aangevuld met 2 of 4 dunne pijpen, de gewasverwarming. In een aantal gevallen kan de gewasverwarming in hoogte worden veresteld (hijswerwarming).

In de nieuwste kassen zien we een kapbreedte van vier meter, waarbij er gemiddeld vijf buizen op de grond liggen. Omdat de kassen in de regel als tralieligger worden uitgevoerd, kan toch een even aantal pijpen als buis-railsysteem worden toegepast.

In de snijbloementeelten lagen de pijpen, voor de eerste energiecrisis (1973) vaak boven in de kas (boven het gewas). Dit bleek uit het oogpunt van energieverbruik niet optimaal, terwijl de pijpen ook licht voor de planten wegnamen. De energiecrisis van 1982/1983 vormde een nieuwe stimulans om de buizen (voornamelijk 51 mm Ø) naar beneden te halen en in de paden, langs de bedden, te leggen. Later heeft, met de introductie van dunne pijpen, ook hier de gewasverwarming (buizen tussen het gewas) zijn intrede gedaan.

Bij chrysant heeft de gewasverwarming zich ontwikkeld tot een systeem van hijswerwarming, waarin het verwarmingssysteem en de gewasondersteuning tot één geheel zijn geïntegreerd.

Bij de potplantenteelt komt een grote variatie verwarmingssystemen voor, afhankelijk van het teeltsysteem. Bij teelt op tafels zien we de buizen onder of geïntegreerd in het tablet naast een aantal buizen boven het gewas. Bij teelt op de grond komt naast buizen voor de ruimteverwarming, slangenverwarming voor tussen de planten of in de grond. Als potplanten op betonvloeren worden geteeld, wordt veel warmte via de vloeren in de kas gebracht, naast een aantal buizen voor de ruimteverwarming.

#### 4.4.2 Het ideale verwarmingssysteem

'Het ideale verwarmingssysteem voor de glastuinbouw' bestaat niet. Wel kan het verwarmingssysteem afgestemd worden op de eisen die de plant (bijvoorbeeld laag of hoog gewas) stelt. Hierbij dient de aanwending van de warmte die via de condensor wordt opgewekt in het systeem te worden geïntegreerd. In de ideale situatie is het verwarmend oppervlak (vo) van het verwarmingsnet zo groot dat:

- de door het gewas gewenste temperatuur, gedurende de hele groeiperiode, zonder bijmengen van ketelwarmte in het secundaire net kan worden geregeld;
- alle condensorwarmte via het secundaire net of via de retourleiding van het primaire net in combinatie met een apart net (combicondensor) in de kas kan worden gebracht;
- de verhouding in vo van het primaire net tot het secundaire net ongeveer gelijk is aan 3:1 (bijlage 1), waarbij de verhouding van de ingebrachte warmte zich verhoudt als 9:1.

#### 4.4.3 De praktijksituatie

In de praktijk komen situaties voor waarbij de juiste verhouding tussen het primaire en secundaire net voorkomt, naast bedrijven die een te klein, dan wel een te groot secundaire net hebben (tabel 4.4).



*Tabel 4.4 De omvang van het verwarmingsnet, verdeeld in hoog- en laagwaardige warmte (in cm<sup>2</sup> verwarmd oppervlak per m<sup>2</sup> kas) naar type verwarmingsnet en gewas (gemiddeld per bedrijf)*

Gewas	Primaire net hoog- waardig	Secundaire net			Gewasver- warming		Overige netten a)		Totaal
		hoog- waar- dig	laagwaardig en wel/niet bijmengen		laagwaardig en wel/niet bijmengen		laagwaardig en wel/niet bijmengen		
			wel	niet	wel	niet	wel	niet	
Tomaat	1.903	0	0	333	35	163	0	0	2.434
Paprika	1.863	72	128	0	99	51	75	361	2.649
Chrysant	1.281	74	69	124	620	238	0	35	2.441
Roos	1.429	229	56	335	46	88	0	0	2.183
Potpl.	1.621	131	59	53	256	247	719	143	3.229
Gemiddeld	1.640	103	65	138	210	168	259	129	2.713

a) Bij potplanten 80% betonvloerverwarming; bij paprika substraatverwarming.

Via het primaire net wordt vrijwel uitsluitend hoogwaardige warmte gedistribueerd. De retourleiding loopt direct, of soms via de condensor (bij condensoren op de retour of bij combi-condensoren), terug naar de mengklep. Het primaire net is het grootst bij vruchtgroente en het kleinst bij chrysant. Via de overige netten wordt zowel hoog- als laagwaardige warmte in de kas gebracht. Het grote aandeel van de overige netten bij de potplanten bestaat voor 80% uit betonvloerverwarming. Hierbij is het verwarmend oppervlak van de slangen als uitgangspunt genomen (en dus niet het totale betonvloeroppervlak). Bij chrysant valt het relatief grote net gewasverwarming op, aangesloten op de condensor (laagwaardige warmte). Van de verhouding van het verwarmend oppervlak voor de laagwaardige warmte ten opzichte van het totale vo wordt in tabel 4.5 een beeld gegeven.

*Tabel 4.5 De omvang van het totale vo (hoogwaardig en laagwaardig) in cm<sup>2</sup> vo per m<sup>2</sup> kas en de verhouding van het vo voor laagwaardige warmte tot het totale vo (gemiddeld per bedrijf)*

Gewas	Verwarmend oppervlak (vo) voor:			Verwarmend oppervlak - laagwaardige warmte uitgedrukt in het totale vo (%)
	hoogwaardige warmte	laagwaardige warmte	totaal	
Tomaat	1.903	531	2.434	22
Paprika	1.935	714	2.649	27
Chrysant	1.355	1.086	2.441	44
Roos	1.658	525	2.183	24
Potplanten	1.752	1.477	3.229	46

Bij paprika lijkt het vo van de laagwaardige netten goed afgestemd met het totale vo, doch hierbij gaat het in de helft van de gevallen om substraatverwarming. Hoeveel warmte de mat opneemt is echter onbekend, doch zeker minder dan een net in de kas. De secundaire en gewasverwarmingsnetten worden bij paprika voor 80% bijgemengd.

Uit tabel 4.5 volgt dat (gemiddeld per bedrijf) bij tomaat, paprika en roos het vo van de laagwaardige warmte goed is afgestemd met het totale vo. Bijmengen in het voor laagwaardige warmte bestemde net komt hier niet veel voor. Voor chrysant en potplanten geldt dat het secundaire net (te?) groot is. Bij zowel de chrysanten- als de potplantenbedrijven wordt veelvuldig bijgemengd in het voor laagwaardige warmte bestemde net. Bij potplanten wordt dit veroorzaakt door de verwarming van de betonvloeren. Omdat de watertemperatuur van de betonvloerverwarming over het algemeen lager dan 50 °C is, wordt de afgifte van condensorwarmte hierdoor niet al te zeer negatief beïnvloed. Bij chrysant zijn de gevolgen van het grote net voor laagwaardige warmte niet duidelijk.

## **4.5 Het effect van de minimumbuis temperatuur**

### **4.5.1 Inleiding**

De minimumbuis temperatuur is een vaste buis temperatuur, die onafhankelijk van de streefwaarde voor de kastemperatuur, wordt ingezet. De minimumbuis temperatuur wordt bijna altijd ingesteld op het primaire verwarmingsnet en kost extra energie. Telers beogen hiermee overtollig vocht af te voeren en vorming van condens op het gewas (schade door schimmelziekten) te voorkomen (Rijsdijk, 1996). Indien dit samengaat met de aanvoer van condensorwarmte via een apart net gaat het effect van de condensortoepassing op de energiebesparing verloren, er wordt dan namelijk warmte weggelucht. Het primaire doel van de verwarming is, op het moment dat een minimumbuis temperatuur wordt gerealiseerd, niet het behalen van de ingestelde kastemperatuur, maar het afvoeren van overtollige warmte (en vocht). Genoemd onderzoek is uitgevoerd op twintig tomatenbedrijven. Gemiddeld over het hele stookseizoen is ongeveer 25% van de ingebrachte warmte afgevoerd. In de enquête is daarom aan de telers gevraagd in hoeverre zij rekening houden met de laagwaardige warmte als zij een minimumbuis temperatuur instellen. In deze paragraaf worden de resultaten van dit deel van de enquête behandeld.

### **4.5.2 Resultaten van de enquête**

Op de bedrijven, waar met minimumbuis temperatuur wordt gewerkt, gebeurt dit overwegend gedurende drie van de vier seizoenen. In de winter komt stoken met minimumbuis temperatuur als regel niet voor, omdat de relatieve luchtvochtigheid dan voldoende laag is en condensatie op het gewas niet voorkomt. Bij paprika is de periode met minimumbuis-temperatuur wat korter dan drie seizoenen en bij komkommer en roos gemiddeld wat langer.

Bij de glasgroente- en snijbloemenbedrijven komt maar een enkel bedrijf voor zonder minimumbuis temperatuur (tabel 4.6).

Tabel 4.6 Aantal glastuinbouwbedrijven met condensor en hun gegevens over de minimumbuis temperatuur op het primaire net

Gewas	Aantal 'bedrijven' a)				Gemiddelde minimum-buistemperatuur in °C	Omvang van het net v.d. min.buis in cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
	totaal	waarvan bedrijven met:				
		minimum buistemp.	stralingsafh. instelling	afstemming met condensor		
Tomaat	10	9	6	1	43,3	1.903
Paprika	13	12	11	2	41,3	1.863
Chrysant	9	8	7	4	41,3	1.259
Roos	9	7	6	5	43,7	1.429
Potplanten	20	10	8	3	37,8	1.621
Totaal	61	46	38	15		
Gemiddeld					41,0	1.640

a) Er wordt van 'bedrijven' gesproken, omdat het gaat om afzonderlijk gestookte gedeelten van de bedrijven, gestookt met een aparte ketel. Het aantal wijkt dus af van het eerder genoemde aantal bedrijven.

Op de potplantenbedrijven heeft de helft van de bedrijven geen minimumbuis temperatuur aangehouden. Over het algemeen wordt de minimumbuis temperatuur stralingsafhankelijk 'afgebouwd'. Dat wil zeggen dat indien de straling een bepaalde ingestelde waarde overschrijdt de minimumbuis temperatuur geleidelijk naar beneden wordt bijgesteld. De ingestelde stralingswaarde varieert sterk tussen de bedrijven en wordt vaak, afhankelijk van het seizoen en de tuinder, bijgesteld. Van de bedrijven die met een minimumbuis temperatuur werken, stemt maar één op de drie deze temperatuur af met de laagwaardige condensorwarmte. Op twee derde deel van de bedrijven is de energiebesparing, die met de condensor kan worden bereikt, (in de periodes dat de minimumbuisregeling werkt) dus minder dan mogelijk is, soms zelfs nihil. Hierbij dient te worden aangetekend dat de afstemming vooral afwezig is op de glasgroentebedrijven.

De ingestelde temperatuur van de minimumbuis varieert (met gemiddeld 41 °C) niet sterk. Alleen bij potplanten is deze temperatuur lager dan gemiddeld.

Bij de omvang van het (primaire) net, waarop de minimumbuisregeling werkt, komen de glasgroentebedrijven ongunstig voor de dag. Ongeveer 1.900 cm<sup>2</sup> per m<sup>2</sup> kas, dit is bijna het vo van de welbekende 4 \* 51 per kap (4\*51 betekent een vo van 2.000 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> ).

Uit de in tabel 4.6 getoonde gegevens blijkt dat minimumbuisregeling en benutting van de condensorwarmte via het secundaire net beter op elkaar kunnen worden afgestemd. Hieruit zou afgeleid kunnen worden dat er meer energie met behulp van condensorwarmte kan worden bespaard, met name op de glasgroentebedrijven. Bij de realisatie van een minimumbuisregeling zou de condensorwarmte nog grotendeels kunnen worden benut door, op het moment van in werking treden, de retour van het primaire net via de condensor te leiden.

#### 4.6 Het effect van bijmengen

#### 4.6.1 Inleiding

In de enquête is gevraagd of er op het secundaire net is bijgemengd en zo ja waarom, hoe vaak wordt bijgemengd en in welke periode van het jaar. In deze paragraaf worden de resultaten van de enquête besproken.

#### 4.6.2 Resultaten van de enquête

Bij chrysant en potplanten blijkt een hoog percentage bedrijven dat regelmatig bijmengt samen te vallen met een verhoudingsgewijs hoog aandeel vo voor laagwaardige warmte (tabel 4.7). Dit kan erop wijzen dat de invloed van het bijmengen op het energieverbruik bij deze gewassen aanzienlijk is. Met andere woorden: de bedrijven kunnen in potentie bijmengen en ze doen het ook.

*Tabel 4.7 Het aantal 'bedrijven' a) dat kan bijmengen, het percentage bedrijven dat werkelijk bijmengt en hun vo laagwaardige warmte in % van de totale vo, naar gewas*

Gewas	Aantal bedrijven dat kan bijmengen	Aantal bedrijven dat in werkelijkheid al of niet bijmengt in % van aantal 'bedrijven'*) dat kan bijmengen			vo- laagwaardige warmte uitgedrukt in het totale vo (%)
		bedrijven die niet bijmengen	bedrijven die incidenteel bijmengen	bedrijven die regelmatig bijmengen	
Tomaat	8	0	38	62	22
Paprika	11	9	9	82	27
Chrysant	7	14	0	86	44
Roos	8	63	0	37	24
Potplanten	19	21	0	79	46
Totaal	53				
Gemiddeld		21	7	72	33

a) Er wordt van 'bedrijven' gesproken, omdat het gaat om afzonderlijk gestookte gedeelten van de bedrijven, gestookt met een aparte ketel. Het aantal wijkt dus af van het eerder genoemde aantal bedrijven.

- In het algemeen geldt dat een te groot net voor laagwaardige warmte twee nadelen heeft:
- het primaire net is in verhouding te klein om hiermee jaarrond een voor de teelt voldoende hoge temperatuur te kunnen handhaven; het in verhouding (te) grote secundaire net leidt al gauw tot bijmengen en hiermee indirect tot minder goed gebruikmaken van laagwaardige warmte.

Bij tomaat en paprika komt naast regelmatig bijmengen ook incidenteel bijmengen voor. Als reden voor het incidenteel bijmengen wordt een lage buitentemperatuur opgegeven. Be-

drijven, die regelmatig bijmengen geven op dat zowel een lage buitentemperatuur als een hoge relatieve luchtvochtigheid redenen zijn om bij te mengen. Over de periode waarop wordt bijgemengd geeft tabel 4.8 inzicht.

*Tabel 4.8 Het aantal seizoenen (maximaal vier per jaar) waarin wordt bijgemengd, ingedeeld naar 'bedrijven' a) die bijmengen om de temperatuur te handhaven en bedrijven die 'bijna altijd bijmengen', evenals de temperatuur na het bijmengen in °C, naar gewas*

Gewas	Bedrijven die bijmengen om de temperatuur te handhaven		Bedrijven die 'bijna altijd bijmengen'		Bijmengtemperatuur in °C op bedrijven die bijna altijd bijmengen
	aantal bedrijven	aantal seizoenen	aantal bedrijven	aantal seizoenen	
Tomaat	4	0,8	1	4,0	44
Paprika	5	1,4	5	2,6	51
Chrysant	2	1,5	4	1,8	36
Roos	-	-	3	2,3	53
Potplanten	5	2,2	8	3,4	46
Totaal	16		21		
Gemiddeld		1,5		2,8	47

a) Er wordt van 'bedrijven' gesproken, omdat het gaat om afzonderlijk gestookte gedeelten van de bedrijven, gestookt met een aparte ketel. Het aantal wijkt dus af van het eerder genoemde aantal bedrijven.

Het is duidelijk dat de 'bedrijven', die 'bijna altijd' bijmengen ook over een veel langere periode (bijna twee keer zo lang) bijmengen als de bedrijven die bijmengen om de kastemperatuur te handhaven. Op bedrijven die niet regelmatig bijmengen is het aantal seizoenen dat wordt bijgemengd vooral bij chrysant en bij potplanten nog behoorlijk lang.

De bijmengtemperatuur loopt niet sterk uiteen. Alleen chrysant valt op met een relatief lage temperatuur.

Wanneer besloten wordt tot bijmengen in het op de condensor aangesloten net dient men zich bewust te zijn van de retourtemperatuur in dit net. Deze dient niet hoger dan 35 à 40 °C te zijn om de condensorwarmte goed te kunnen benutten.

Gezien het aantal bedrijven dat 'bijna altijd' bijmengt en de gevonden bijmengtemperaturen komt het geregeld voor dat de condensorwarmte slecht wordt benut, zeker bij potplanten.

#### **4.7 Het schoonmaken van de condensor**

De aluminium lamellen van de verticaal opgestelde condensor hebben een zelfreinigend vermogen doordat het condenswater van de lamellen afdruipt. Bij pijpencondensors is er geen sprake van aluminium pijpen, maar van pijpen van gecoat staal. Door corrosie van de coating kunnen de pijpen deels dicht gaan zitten. Voorzichtig ragen is in dat geval nodig voor een optimale werking van de ketel-condensorcombinatie.

Aan de deelnemers is gevraagd of de condensor wordt schoongemaakt en wat de reden is van het al of niet schoonmaken. In de loop der tijd ontstaat er namelijk, door oxidatie en ketelsteen, aanslag op de lamellen. Het verwijderen van de kalkaanslag is een lastig punt. Over alle deelnemers gerekend komt de schoonmaakfrequentie uit op 0,4 (dat wil zeggen 1 keer per 2,5 jaar).

Van de zijde van de producenten is gesteld dat het effect van al of niet schoonmaken beperkt is. Toch wordt schoonmaken uit preventief oogpunt door de meeste producenten aanbevolen. Schoonmaken is wel nodig wanneer de luchtweerstand van de condensor oploopt (verstopping) omdat dan de juiste branderafstelling van de ketel gaat veranderen ('verlopen').

#### **4.8 Kennis van tuinders over condensortoepassing op hun eigen bedrijf**

De enquêtevraag over de kennis van de condensortoepassing is toegespitst op de situatie van het eigen bedrijf. De eerste vraag van dit onderdeel gold de inschatting van de met de condensor gerealiseerde energiebesparing.

Het overgrote merendeel van de geënquêteerde telers is van mening dat de condensor een rendabele investering is (geweest). Slechts 10% van hen stelt dat zij dit niet weten, terwijl slechts één teler aangeeft dat de condensor geen rendabele investering is geweest.

Verder is gevraagd of men van mening is dat er op hun bedrijf meer energie door middel van condensortoepassing kan worden bespaard. Tweeënveertig procent van de respondenten meldt dat zij geen verdere energiebesparing mogelijk achten, terwijl 9 potplantentelers (=15%) aangeven dit niet te weten. Voor 43% van de ondervraagden geldt dus dat er voor hen wel verdere besparingen mogelijk zijn. Als belangrijke mogelijkheden om de energiebesparing met condensors verder op te voeren worden vermeld:

- niet meer bijmengen;
- het aparte net vergroten of
- overgaan op een combicondensor.

Algemeen is men overtuigd van het negatieve effect van bijmengen op de energiebesparing met de condensor: 45% verwacht een behoorlijk negatief effect en 39% denkt dat bijmengen het effect van de condensor 'een beetje' zal beïnvloeden. Toch komt bijmengen veel voor zoals in paragraaf 4.4 staat beschreven.

## 4.9 Mening van tuinders over condensortoepassing in het algemeen

### 4.9.1 Inleiding

Aan de deelnemende bedrijven is de vraag gesteld naar hun mening over de gerealiseerde energiebesparing ten opzichte van de potentiële besparing, die met condensors mogelijk is. Ook is gevraagd naar hun mening over de oorzaak van het niet realiseren van de mogelijke besparing. Deze vraag is in die zin suggestief van aard omdat er a priori van een minder dan maximale besparing wordt uitgegaan. De onderzoekers zijn van mening dat deze suggestie toelaatbaar is omdat op basis van voorgaand onderzoek (Velden, 1989; Rijssel, 1996) duidelijk is dat de maximale besparing op slechts weinig bedrijven wordt gerealiseerd.

Als laatste is gevraagd naar de mening van de telers over de mogelijke toepassingen van laagwaardige warmte. De resultaten van de enquête worden in de volgende paragrafen behandeld.

### 4.9.2 Over de gerealiseerde besparing

Op het vragenformulier stond aangegeven dat de maximale besparing die met condensors kan worden gerealiseerd 11% bedraagt. Aangegeven moest worden in hoeverre deze besparing, naar de mening van de teler, in de glastuinbouw is gerealiseerd. De gemiddelde besparing is per gewas berekend (tabel 4.9).

*Tabel 4.9 Mening van telers, naar gewas, over maximaal haalbare gerealiseerde energiebesparing door middel van condensors in de glastuinbouw*

Gewas	Aantal bedrijven	Gerealiseerde energiebesparing
Tomaat	9	5,80
Paprika	11	5,35
Chrysant	6	6,24
Roos	7	5,50
Potplanten	13	6,56
Totaal	46	
Gemiddeld		6,00

De meeste deelnemers (78%) aan de enquête hebben deze vraag beantwoord. Naar de mening van de respondenten wordt de maximale besparing van 11% maar voor 6% gerealiseerd. In plaats van 11% wordt dus nog maar 6% bespaard. Uitgaande van het door respondenten opgegeven percentage is er nog een energiebesparing van maximaal 5% door betere toepassing van condensors mogelijk.

Het is van belang te onderzoeken welke oorzaken men aangeeft voor het niet realiseren van deze energiebesparing.

#### 4.9.3 Oorzaken van niet-realiseren van maximale besparing

Een niet-goede inpassing in het verwarmingssysteem wordt het meest genoemd als oorzaak van de relatief lage energiebesparing door condensors. Dit oordeel is niet van het gewas afhankelijk. Kennelijk worden de inpassingsmogelijkheden van condensors bij de opzet van een verwarmingssysteem door de combinatie van teler en installateur onvoldoende onderkend.

Bij potplanten wordt verder nog genoemd dat de laagwaardige warmte van condensors vaak niet is te benutten. Dit is niet consistent met hun gedrag ten aanzien van de huidige condensortoepassing op het eigen bedrijf, omdat de bedrijven, die deze mening zijn toegedaan, wel over de mogelijkheden beschikken de laagwaardige warmte te benutten en aangeven deze ook te benutten.

#### 4.9.4 Kwaliteit van laagwaardige warmte

Over het teeltkundig verschil van laagwaardige warmte ten opzichte van hoogwaardige warmte zijn de meningen verdeeld. Van de respondenten geeft 50% aan dat er wél verschil is en de andere 50% geeft aan dat er géén teeltkundig verschil bestaat. Van degenen die aangeven dat zij geen teeltkundig verschil opmerken, vindt 40% dat werken met laagwaardige warmte een extra kostenpost vormt, omdat er meer buizen nodig zijn.

De telers, die vinden dat laagwaardige warmte minder goed te gebruiken is dan hoogwaardige, vinden vaker dat het nadelig is voor het gewas dan voor het kasklimaat. Naar hun inschatting is de sturing van rv en dus van kasklimaat moeilijker bij het gebruik van laagwaardige warmte.



## 5. Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Algemeen

1. Naar de mening van de deelnemers aan de enquête wordt de met condensors te behalen maximale energiebesparing van 11% maar voor 6% gerealiseerd. Op basis van dit gegeven kan optimalisering van de condensortoepassingen dus nog een energiebesparing opleveren tot maximaal 5%.
2. De uitkomst van de enquête wijst erop dat de vraag naar de capaciteit van de condensor buiten de teler om wordt beantwoord. De glastuinbouwer dient zich, meer dan tot nu toe, in kennis te (laten) stellen van en bezig te houden met de gewenste capaciteit van de condensor, om in het overleg met kassenbouwer (bij nieuwbouw) en installateur een rol van betekenis te kunnen spelen.
3. De aansluiting van de condensor op het uit energie-efficiency bezien optimale (secundaire) net is technisch mogelijk en al op veel bedrijven gerealiseerd. Op de bedrijven met een secundair net kan nog meer energie worden bespaard door een betere toepassing.
4. De leeftijd van de condensor is volgens installateurs niet van groot belang voor de energiebesparing die ermee kan worden behaald. Vervangen voordat de condensor gebreken vertoont is over het algemeen niet nodig.
5. De levering van condensors aan glastuinbouwbedrijven is voor bijna 80% in handen van drie ketel- en apparatenfabrikanten.
6. Bij het schoonhouden van de condensor is de verticaal opgestelde lamellencondensor in het voordeel boven een horizontale opstelling. Dit komt door de zelfreinigende werking. Over het algemeen geldt dat minimaal een controle eens per twee jaar zinvol is om na te gaan of reiniging nodig is. Bij het ragen van de pijpencondensor dient men de nodige voorzichtigheid in acht te nemen om beschadiging te voorkomen.

### 5.2 Bijmengen

7. Bijmengen in het secundaire net komt op 79% van de bedrijven voor. Rozenbedrijven vormen hier een uitzondering (63% van de bedrijven mengt niet bij). Op groentebedrijven wordt naast regelmatig ook wel incidenteel bijgemengd om de temperatuur te kunnen halen in koude periodes. Op chrysanten- en potplantenbedrijven gaat een hoog percentage bedrijven dat regelmatig bijmengt samen met een hoog percentage vo van het secundaire net. Deze situatie is niet energie-efficiënt.
8. De verhouding 3:1, die, zoals in dit verslag in bijlage 1 beschreven, voor energiezuinig stoken gunstig geacht wordt voor de verhouding tussen het geïnstalleerde primair en secundair net, wordt bij potplanten en chrysantenbedrijven niet bereikt. Het secundaire net

is op deze bedrijven namelijk veel groter. Dit leidt er toe dat in de secundaire netten vaak wordt bijgemengd.

9. Indien wordt bijgemengd in het op de condensor aangesloten net, dient de temperatuur van het retourwater niet hoger dan 35 à 40 °C te zijn om de condensorwarmte goed te kunnen benutten.
10. Bij voorlichting aan tuinders dienen de nadelige effecten van bijmengen via het secundaire net aandachtspunten te zijn.

### **5.3 Minimumbuis**

11. Op glasgroente- en snijbloemenbedrijven wordt een minimumbuisregeling algemeen (op 91% van de onderzochte bedrijven) toegepast. De instelling van de minimumbuisregeling is over het algemeen (op 81% van de bedrijven met een minimumbuisregeling) stralingsafhankelijk. Van de mogelijkheid om de minimumbuisregeling af te stemmen met de condensor, om op die manier energiezuinig te werken, wordt slechts op weinig bedrijven (op 14% van de bedrijven met een minimumbuisregeling) gebruikgemaakt.
12. Glasgroentebedrijven maken veel gebruik van een minimumbuisregeling via het primaire net. Het extra energieverbruik hiervoor kan oplopen tot 25%. Uit energiebesparingsoogpunt wordt aanbevolen om de retour van het primaire net in deze situatie via de condensor te leiden.

### **5.4 Aanbevelingen voor de derde fase**

Het optimaal afstemmen van een condensortoepassing voor een optimale energie-input (inclusief de mogelijkheden van een apart net) is voor een individueel bedrijf niet eenvoudig. Dit geldt zowel voor nieuwbouw als voor bestaande kassen. Met name voor rendementsberekeningen en investeringsvolgorde zijn er met het oog op energiebesparing diverse computerprogramma's beschikbaar (onder andere bij het PBG).

Dit onderzoek heeft geleerd dat er op bedrijven behoefte bestaat aan een gebruikersvriendelijk keuzeprogramma voor condensoren, zo mogelijk naar gewas aangepast, en geschikt voor nieuwbouw of bestaande kassen. De mogelijkheden van gebruik van warmte/kracht, van minimumbuis en van warmtebuffer dienen in dit programma, in relatie tot meerdere alternatieven, te zijn ingebouwd.

Het feit dat in de huidige situatie niet alle mogelijkheden die de condensor biedt, optimaal op de bedrijven functioneren, geeft grond voor de gedachte dat met behulp van zo een programma de condensortoepassing verder kan worden geoptimaliseerd, en er meer energie kan worden bespaard.

Het werkelijke effect van bijmengen kan deel uitmaken van het rekenprogramma.

1. Voor juiste advisering zijn bedrijfsspecifieke doorrekeningen nodig. Dit betreft:
  - investeringsrendement combi- en enkelvoudige condensor;

- automatische omschakeling van de condensor van secundair naar primair net bij minimumbuisgebruik;
- consequenties van het niet-bijmengen en het daardoor dalen van de kasttemperatuur onder het setpoint;
- energetisch effect van minimumbuis-toepassing met of zonder afschakeling bij diverse instalingsniveaus (+ opbrengsteffecten daarvan);
- effect warmtebuffer op condensorrendement.

Beschikbare programmatuur dient geïnventariseerd te worden. Waar geen programmatuur beschikbaar is dient deze ontwikkeld te worden in de derde fase.

2. In de derde fase dient verder te worden nagegaan hoe de laagwaardige warmte nog beter dan tot nu toe in de teelt kan worden ingepast. Voor goed inzicht in teeltgebruik en energiebesparing moeten de resultaten van teeltkundig onderzoek in kaart worden gebracht. Bij potplanten zijn er diverse mogelijkheden voor aanwending van laagwaardige warmte, terwijl uit de enquête blijkt dat toepassing ervan vaak als een knelpunt wordt ervaren. De voorlichting dient op dit punt te worden verbeterd en er dienen projecten te komen waarin de toepassing van laagwaardige warmte aan potplantentelers wordt gedemonstreerd.
3. Het omgaan met laagwaardige warmte lijkt vooral moeilijk in de perioden met lage warmtevraag. Dit onderdeel zou nader dienen te worden onderzocht. De periode met een lage warmtevraag is namelijk relatief lang (circa vier maanden), zodat er op jaarbasis toch nog een redelijke energiebesparing mee zou kunnen worden bereikt. De indruk van de huidige situatie is dat telers de mogelijkheden van de condensortoepassing bij lage warmtevraag onderschatten.

Er bestaat hierover te weinig kennis en goede cijfers over de energiebesparing op het eigen bedrijf ontbreken. Praktijkmetingen kunnen hieraan een bijdrage leveren.



## Literatuur

Esmeijer, M., 'Stimuleren van verdamping kost energie'. In: *Groenten en Fruit/glasgroenten*, pp. 18-19, 27 maart 1998.

Meijndert, J., *Rookgascondensors*. Proefstation voor Tuinbouw onder glas (PTG), Informatiereeks No. 79, Naaldwijk, 1983.

Rijsdijk, A.A., *Inventarisatie gebruik minimumbuistemperatuur op tomatenbedrijven; Een oriënterend onderzoek*. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente (PBG); Rapport 32, Naaldwijk, 1996.

Rijssel, E. van, *Meer warmte uit condensors door aansluiting op een net met lage watertemperatuur*. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente. Aalsmeer, Rapport nummer 21, 1996.

Sluis, B.J. van der, A.A. Rijsdijk, G.P.A. van Holsteijn en N.J.A. van der Velden, *Het gebruik van energieschermen bij tomaat*. LEI-DLO, Den Haag, Publicatie 4.138, 1995.

Velden, N.J.A. van der, *Laagwaardige warmte in de glastuinbouw; Een bedrijfseconomische evaluatie*. LEI, Den Haag, Onderzoekverslag 57, 1989.

Velden, N.J.A. van der, B.J. van der Sluis en A.P. Verhaegh, *Energie in de glastuinbouw van Nederland; Ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven t/m 1994*. LEI-DLO, Den Haag, Periodieke Rapportage 39-93, 1996.

Velden, N.J.A. van der, B.J. van der Sluis en A.P. Verhaegh, *Energie in de glastuinbouw van Nederland; Ontwikkelingen in de sector en op de bedrijven t/m 1996*. LEI-DLO, Den Haag, Periodieke Rapportage 39-95, 1997.

Vernooij, C.J.M., *Daling middelenverbruik, stijging opbrengsten. DART evaluatie en analyses over de jaren 1993 t/m 1996 van het verbruik van energie en gewasbeschermingsmiddelen en van opbrengsten op tomaten- en komkommerbedrijven*. LEI-DLO, Den Haag, Interne Notitie, 1998.



## Bijlage 1 Berekening van het verwarmend oppervlak (vo) van het secundaire net

In de praktijk wordt veelal een verwarmend oppervlak geïnstalleerd dat voldoende groot is om 250 W per m<sup>2</sup> kas (vergelijkbaar met 215 kcal per m<sup>2</sup> per uur) af te geven. Van Rijssel stelt (Van Rijssel, 1996, p. 13) dat bij maximaal rendement van de ketel 11% extra warmte uit de condensor kan worden verkregen. In de hierna volgende berekening is hierbij uitgegaan van 10% laagwaardige warmte.

Van de 250 W per m<sup>2</sup> die in de kas wordt gebracht kan dus 10% via de condensor naar het secundaire net. Gesteld kan worden dat als 10% van de warmtevraag door het secundaire net wordt gedekt er maximaal gebruik wordt gemaakt van de door de condensor opgewekte warmte. De vraag is nu: Hoeveel vo moet hier voor worden geïnstalleerd?

Via de ketel wordt 90% van 250 W per m<sup>2</sup> (225 W/m<sup>2</sup>) rechtstreeks in het hoofdnet gebracht. Dit betreft water van 90°C (in) en 70°C retour, gemiddeld 80°C. Als de gemiddelde kastemperatuur op 20°C wordt gesteld is het temperatuurverschil tussen buis en kaslucht dus gemiddeld 60°C.

Via het secundaire net wordt 10% van 250 W/m<sup>2</sup> (25 W/m<sup>2</sup>) in de kas gebracht. De wattertemperatuur van het secundaire net bedraagt 45°C (in) en 35°C (retour), gemiddeld 40°C. Het temperatuurverschil met de kas bedraagt dus gemiddeld 20°C.

Omdat de warmteafgifte van de buizen vrijwel recht evenredig is met het temperatuurverschil tussen buis en kaslucht, mag voor het berekenen van de verhouding (in vo) tussen hoofdnet en secundair net de warmtebehoefte worden gedeeld door dit temperatuurverschil.

	<u>W/m<sup>2</sup></u>	<u>Δt</u>	<u>vo-verhouding</u>
Voor het hoofdnet wordt dit:	225:	60 =	3,75
en voor het secundaire net	25:	20 =	<u>1,25</u> +
Som van de verhoudingsgetallen			5,00

Het verwarmend oppervlak van het secundair net moet volgens deze berekening  $(1,25/5,00) * 100\% = 25\%$  bedragen van het totale verwarmingsnet voor een maximale benutting van de laagwaardige warmte.

### Enkele voorbeelden

1. Bij een verwarmingsinstallatie van 4 buizen van 51 mm doorsnee per kap van 3,2 m bedraagt het vo  $4 * 0,16 \text{ m}^2 \text{ per m buis} = 0,64 \text{ m}^2/3,2 \text{ m}^2$ , ofwel  $0,2 \text{ m}^2/\text{m}^2$  kas.  
Een dunne buis van 28 mm heeft een vo van  $0,0879 \text{ m}^2 \text{ per m buis}$ . Twee buizen van 28 mm (vo:  $0,1758 \text{ m}^2$ ), samen met 4 buizen van 51 mm hebben dus een vo van  $0,2 + 0,0549 \text{ m}^2 = 0,2549 \text{ m}^2/\text{m}^2$  kas.  
Het vo van het secundaire net bedraagt nu  $(549/2549) * 100\% = 22\%$ .
2. Bij een verwarmingsinstallatie van 3 buizen van 51 mm per kap van 3,2 m is het vo  $3 * 0,16 \text{ m}^2 \text{ per m buis} = 0,48 \text{ m}^2/3,2 \text{ m}^2$ , ofwel  $0,15 \text{ m}^2/\text{m}^2$  kas.

Twee buizen van 28 mm (vo:  $0,1758 \text{ m}^2$ , zie onder 1) hebben samen met 3 buizen van 51 mm dus een vo van  $0,15 + 0,0549 \text{ m}^2 = 0,2049 \text{ m}^2/\text{m}^2$ .  
Het vo van het secundaire net bedraagt nu  $(549/2049) * 100\% = 27\%$ .



## Bijlage 2 Vragenlijst voor gebruikers van condensors

Naam teler: .....

bedr.no: .....

Tel no: ..... - .....

**We nemen geen bedrijven op met:**

- gebruik van rest- en afvalwarmte,
- gebruik van eigen WK- installatie
- meer dan 8 afdelingen

**We nemen circa 20 bedrijven per productiesector:**

- glasgroentebedr. met tom/paprika
- bloemisterijbedrijven met roos/chrysant/ ....
- potplantenbedrijven met en zonder vloerverw.

### Blad A: Bedrijfsgebonden kenmerken

In te vullen vanuit de LEI-documentatie

1. Wat was het brandstofverbruik in 1996? ..... m<sup>3</sup> per jaar  
 Wat was het elektriciteitsverbruik in 1996? ..... kWh per jaar  
 En hoe groot was het oppervlak verwarmd staand glas? ..... m<sup>2</sup> per jaar
2. Wat was de gebruikelijke teelttemperatuur per afdeling en welke teelten voerde u uit?

nr afd.	teelttemp. dag / nacht				hoofd teelt	periode van - tot	nateelt
	1e kwartaal	2e kwart.	3e kwart.	4e kwartaal			
1	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.....	.... - ....	.....
2	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.....	.... - ....	.....
3	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.....	.... - ....	.....
4	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.....	.... - ....	.....
5	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.....	.... - ....	.....
6	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.....	.... - ....	.....
7	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.....	.... - ....	.....
8	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.....	.... - ....	.....
9	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.....	.... - ....	.....
10	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.... / .... °C	.....	.... - ....	.....

3. Wat is de ketelcapaciteit:
- |                                     |                           |                       |
|-------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| hoofdketel ten behoeve van afd.     | alle* / afd. .... / ..... | ..... kcal / uur      |
| 2e ketel ten behoeve van afd.       | alle* / afd. .... / ..... | ..... kcal / uur      |
| WK-installatie ten behoeve van afd. | alle* / afd. .... / ..... | ja/nee zo ja ..... mW |

\* omcirkel wat van toepassing is.

4. Heeft u een condensor achter de ketel(s) en WK-installaties? ja/nee en zo ja welke?
- |   |                      |   |
|---|----------------------|---|
| - hoofdketel                                  | 0 geen               | 0 enkel op retour                       |
|   | 0 enkel op apart net | 0 combicondensor op retour en apart net |
| Wat is het merk en het type van de condensor: |                      | merk = ..... type = .....               |
| - 2e ketel                                    | 0 geen               | 0 enkel op retour                       |
|   | 0 enkel op apart net | 0 combicondensor op retour en apart net |
| Wat is het merk en het type van de condensor: |                      | merk = ..... type = .....               |
| - WK-installatie                              | 0 geen               | 0 enkel op retour                       |
|   | 0 enkel op apart net | 0 combicondensor op retour en apart net |
| Wat is het merk en het type van de condensor: |                      | merk = ..... type = .....               |

**Blad B1: Afdelingsgebonden kenmerken**  
**In te vullen vanuit de LEI-documentatie**

1. Wat is de capaciteit van de verschillende verwarmingsnetten?

afd. 1 kasoppervlak = ..... m<sup>2</sup>, kapbreedte = ....., aantal kappen = .....

	verwarmings- netten:	liggingbuis/ (hoogte)	slang	dia meter	kap	stuks/ aansluiting ketel	condensor
0	primaire net	..... cm	bu/sl	.....mm	..... st	ja	ja/nee
0	secundaire net	..... cm	bu/sl	.....mm	..... st	ja	ja/nee
0	gewasverwarming		bu/sl	.....mm	..... st	ja/nee	ja/nee
0	tabletverwarming*		bu/sl	.....mm	..... st	ja/nee	ja/nee
0	vloerverwarming*		bu/sl	.....mm	..... st	ja/nee	ja/nee
0	condensornet	..... cm	bu/sl	.....mm	..... st	nee	ja/nee

\* = Verwarming op vloer of tablet wordt aangemerkt als gewasverwarming!

afd. 2 kasoppervlak = ..... m<sup>2</sup>, kapbreedte = ....., aantal kappen = .....

	verwarmings- netten:	liggingbuis/ (hoogte)	slang	dia meter	kap	stuks/ aansluiting ketel	condensor
0	primaire net	..... cm	bu/sl	.....mm	..... st	ja	ja/nee
0	secundaire net	..... cm	bu/sl	.....mm	..... st	ja	ja/nee
0	gewasverwarming		bu/sl	.....mm	..... st	ja/nee	ja/nee
0	tabletverwarming*		bu/sl	.....mm	..... st	ja/nee	ja/nee
0	vloerverwarming*		bu/sl	.....mm	..... st	ja/nee	ja/nee
0	condensornet	..... cm	bu/sl	.....mm	..... st	nee	ja/nee

\* = Verwarming op vloer of tablet wordt aangemerkt als gewasverwarming!

## BLAD B2

### Vragenlijst voor gebruik van condensors door telers (gebruiksjaar 1996)

Naam: ..... bedr.no: .....

Tel no: .....

#### Gedrag ten aanzien van onderhoud en vervanging van de condensor

1. Welke condensor staat op uw bedrijf?

Condensor 1: Merk: ..... Type: ..... typenr.: .....

Condensor 2: Merk: ..... Type: ..... typenr.: .....

2. Wordt de condensor ook schoongemaakt? ..... neen / ja 1x per ..... jaar

3. Wat is de reden van schoonmaken? ..... condensor vuil / keteldruk loopt op/ .....

4. Is de condensor achter deze ketel al een keer vervangen? neen, ga naar 5 / ja, ga naar 6

5. Is de condensor vervangen door eenzelfde type? ja / neen voorheen type: .....

Is er in de aansluiting op de verwarmingsnet(ten) iets gewijzigd? neen / ja, .....

6. Als u gaat vervangen neemt u dan weer eenzelfde type? ja / neen, kies dan type: .....

gaat u dan in de aansluiting op de verwarmingsnet(ten) iets wijzigen? neen / ja, .....

#### Uw kennis over de condensortoepassing

1. Hoe hoog schat u de gerealiseerde besparing met de condensor op uw bedrijf?

0 niet van toepassing    0 2-4%    0 4-6%    0 6-8%    0 8-10%    0 >10%

2. Is de condensor een rendabele investering geweest? ja / neen / weet niet

3. Kan er in de huidige bedrijfssituatie met de condensor meer energie bespaard worden?

0 neen omdat .....

0 ja omdat    0 condensor is aangesloten op verkeerde net

0 huidige net eigenlijk te klein is

0 bijmengen nu noodzakelijk is

0 een apart condensornet gewenst is

0 combicondensor rendabel is op mijn bedrijf

0 .....

4. Heeft bijmengen een negatief effect op energiebesparing van de condensor?

0 neen

0 ja een beetje

0 ja behoorlijk effect

## **Uw mening over condensortoepassing op andere glastuinbouwbedrijven**

1. Door condensortoepassing kan een besparing worden gerealiseerd van max. 11%. In hoeverre wordt deze besparing in de glastuinbouw gehaald?  
☐ <50%      ☐ >50%      ☐ >70%      ☐ >80%
2. Wat is naar uw mening de oorzaak dat de max. besparing niet wordt gerealiseerd?  
☐ condensoren worden te weinig toegepast  
☐ condensortoepassing is vaak niet rendabel  
☐ condensoren worden vaak niet goed ingepast in het verwarmingssysteem  
☐ de laagwaardige warmte van de condensoren is vaak niet te benutten  
☐ er wordt te weinig aandacht besteed aan condensortoepassing
3. Is laagwaardige warmte (circa 40 °C) minder waard dan hoogwaardige (circa 80 °C)?  
☐ neen, geen teeltkundig verschil  
☐ wel extra kostenpost omdat meer buizen nodig zijn  
☐ wel extra lichtverlies door groter aantal buizen bovenin  
☐ wel extra arbeidskosten, bijvoorbeeld bij gewasvervanging  
☐ ja, nadelig voor het gewas  
☐ het gewas reageert haast niet op lage buistemperaturen  
☐ met lage buistemperaturen is de rv moeilijker te sturen  
☐ ja, beïnvloedt het kasklimaat  
☐ de grote waterinhoud maakt sturing van de kastemperatuur moeilijker  
☐ betere temperatuurverdeling, beter gewas, door groter aantal buizen

.....

 Afdeling nr.: ..... / ..... kasoppervlak: ..... / ..... / ..... m<sup>2</sup>

1.	Enkele gegevens over de verwarmingsnetten per afdeling:		
	ligging		min. / max. buistemp.
0	primair net		.... / .... °C
0	secundair net		.... / .... °C
0	gewasverwarming	boven / tussen gewas	.... / .... °C
0	tabletverwarming*	in / onder het tablet	.... / .... °C
0	vloerverwarming*	(in de vloer)	.... / .... °C

 \* = Verwarming op vloer of tablet wordt aangemerkt als gewasverwarming!

2. Zijn er afdelingsoverschrijdende netten? Ja / neen  
 Zo ja welk net en over welke afdelingen? net: ..... afd.. .... - ....
3. Wordt er in het primaire net een minimum buistemperatuur ingesteld? ja/nee  
 Zo ja: in welke seizoenen? winter/voorjaar/zomer/herfst  
 - hoe hoog ligt de min.buis als regel ..... °C  
 - Wordt de min.buis stralingsafhankelijk afgebouwd? nee/ja tot ..... Watt/kLux  
 - Wordt de ingestelde temperatuur van de min.buis afgestemd op de condensorwarmte als die via een ander net de kas binnenkomt? ja/nee/nvt
4. Wordt er bijgemengd in het net dat op de condensor is aangesloten? Ja / neen  
 Zo ja: Waarom?  
 0 bijmengen alleen als de kastemperatuur anders niet gehandhaafd kan worden  
 0 bijmengen tot .... °C om de gewenste tablet-/vloertemperatuur te halen  
 0 bijmengen tot .... °C om het gewenste microklimaat tussen het gewas te realiseren  
 0 bijmengen tot .... °C (min. buis) omdat een te lage buistemperatuur geen effect heeft
5. In welke periode en hoe vaak wordt er bijgemengd?  
 0 alleen op dagen met lage buitentemperatuur winter / voorjaar / .....  
 0 alleen bij te hoge rv in de kas herfst / voorjaar / .....  
 0 bijna altijd: voorjaar/zomer/herfst/winter/gehele jaar dagelijks / wekelijks

## AD C: OVERIGE VRAGEN

bedr.no:

1. Waarom geen condensor op de tweede hoofdketel?
2. Is de condensor op de vloerverwarming van één of van alle afdelingen aangesloten?
3. Bekijk en beschrijf de aansluiting van de condensor.
4. Wordt er geteeld op de grond of op tabletten?

## AANVULLINGEN

Wat is de maximum temperatuur die u aanhoudt in het primaire net? ....°C  
(de temp. waarbij u het secundaire net gaat gebruiken/bijmengen)

Wat is het bouwjaar van de condensor? 19...  
Wat is de rookgas temperatuur wanneer de ketel vollast brandt? .... °C  
Wordt de condensor schoongemaakt? zo ja met welke frequentie? 1x per ... jaar  
Wat is de aanleiding voor het schoonmaken? keteldruk loopt op/.....

Als de condensor vervangen moet worden, welke zou u dan nu kopen?  
lamellencondensor enkel/combi                      pijpencondensor enkel/combi  
aluminium/roestvrij staal/gecoat staal

Enquête betreffende het gebruik van condensorwarmte.

Het LEI-boekhoudnet bevat 248 glastuinbouwbedrijven.

Bedrijven die in de enquête betrokken worden zijn slechts een deel van het totaal aantal.

Bedrijven die uitgesloten worden zijn:

Omschrijving:	Reden van uitsluiting:
Bedrijven zonder condensor (circa 90)	Leveren geen gegevens over condensortoepassing.
Bedrijven met restwarmte (circa 13)	Gasverbruik van de ketel is beperkt waardoor het moeilijk is om voldoende rendement uit de condensor te halen. Bovendien vormen deze bedrijven geen voorbeeld voor (vele) anderen.
Bedrijven met eigen WK (25-30)	Gasverbruik van de ketel is beperkt waardoor het moeilijk is om voldoende rendement uit de condensor te halen. Het aantal condensoren achter de WK is beperkt en de te behalen besparing is lager dan bij condensoren achter de ketel omdat de WK-rookgassen koeler zijn en er op deze bedrijven geregeld een warmteoverschotsituatie bestaat.
Gemengde bedrijven (circa 18)	Deze bedrijven vormen geen voorbeeld voor (vele) anderen.
Bedrijven met (gedeeltelijk) hete lucht kachels	Deze bedrijven vormen geen voorbeeld voor (vele) anderen.
Bedrijven met >10 afdelingen	Dit betreft vrijwel altijd verouderde bedrijven die geen voorbeeld vormen voor (vele) anderen.

De resterende bedrijven (circa 100) worden onderverdeeld in:

	cond. op retour	cond. op apart net	combicondensor
Glasgroentebedrijven	17	26 (paprika/tomaat)	7 (pap/tom)
Glasbloemenbedrijven	9	25 (roos/chrysant)	2 (roos/chr.)
Potplantenbedrijven	6	26	7

(de aantallen bedrijven zijn nog niet gecorrigeerd voor bedrijven met restwarmte en/of w/k-toepassing)